

Jarmo Hihnala

**POISTOILMALÄMPÖPUMPUN KYTKENTÄ
RINNAKKAISLÄMMÖNLÄHTEEKSI KAUKOLÄMMÖLLE**

**POISTOILMALÄMPÖPUMPUN KYTKENTÄ
RINNAKKAISLÄMMÖNLÄHTEEKSI KAUKOLÄMMÖLLE**

Jarmo Hihnala
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Talotekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Koulutusohjelma, Suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Jarmo Hihnala

Opinnäytetyön nimi: Poistoilmalämpöpumpun kytkentä
rinnakkaislämmönlähteeksi kaukolämmölle

Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: K6 2016 Sivumäärä: 40 + 2

Tämä työ tehtiin Systemair Oy:lle. Työn tarkoituksena oli saada kaukolämpöyhtiöltä mielipiteitä ja ehdotuksia Suomen markkinoille tulevan Living Heat Pump -poistoilmalämpöpumpun (PILP) asennuksiin rinnakkaislämmönlähteeksi kaukolämmitteisissä kohteissa. Poistoilmalämpöpumppu soveltuu erinomaisesti kerrostaloihin, joissa on koneellinen poistoilma mutta ei lämmön talteenottoa.

Ilmalämpöpumppu ottaa lämmön talteen poistoilmasta ja siirtää sen käytettäväksi rakennuksen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään, käyttövedenlämmitykseen tai molempiin. PILPin asennuksen jälkeen kaukolämpöä käytetään tarvittaessa tuottamaan tarvittava lisäenergia. Toisin sanoen PILPin tehon ollessa riittämätön otetaan kaukolämmöstä lisätehoa.

Tutkimusaineistoa kerättiin sähköpostikyselyllä ympäri Suomea yhteensä kahdeltakymmeneltä satunnaisesti valitulta kaukolämpöyhtiöltä. Työssä käytettiin pohjana kahta rinnakkaislämmön kytkentämallia, jotka löytyvät julkaisusta K1/2013 Rakennusten kaukolämmitys, Määräykset ja ohjeet. Lisäksi käytettiin yhtä tutkimusta varten suunniteltua poistoilmalämpöpumpun kytkentämallia.

Vastauksista kävi ilmi, että kaukolämmön säätöventtiilien tarkka mitoitus on ensisijaisen tärkeää. Mitoituksen tulee olla riittävän tiukka kaukolämmön osakuormalle, jotta kaukolämmön paluuveden lämpötila pysyisi mahdollisimman alhaisena. Myös automatiikan säätäminen koko järjestelmässä on tärkeää. Kaukolämmön paluulämpötilaa ei saada tasaiseksi pelkästään oikealla kytkennällä.

Työhön kuului myös säätökaavion ja toimintaselostuksen tekeminen. Ne laadittiin CADS Planner -ohjelmalla. Laitteesta oli olemassa englanninkieliset esitteet ja kytkentäkaavio (Wiring diagram). Säätökaavio tehtiin, koska sitä ei ollut vielä olemassa. Siinä esitetään järjestelmän toiminta.

Asiasanat: Poistoilmalämpöpumppu, kaukolämmitys, rinnakkaislämmönlähde, säätökaavio, toimintaselostus, kestävä kehitys

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services, Department of Engineering

Author: Jarmo Hihnala

Title: Installation of Exhaust Air Heat Pump (EAHP) as parallel heat source to district heating

Advisor: Veli-Matti Mäkelä

Semester/year: K6 2016

Number of pages: 40 + 2

The work of this Bachelor's Thesis was carried out for the Systemair Oy. The objective of the project was to collect opinions, insights and suggestions from various district heating companies about the so-called PILP installation of an Exhaust Air Heat Pump (EAHP) as the parallel heat source in properties that utilize district heating sources. This product is particularly suitable for apartment buildings that have mechanical exhaust ventilation but no exhaust air recovery.

The EAHP collects heat from warm inside air as it leaves a building via the ventilation system. It then transfers that heat into a water heating circuit system or provides domestic hot water or both. After the PILP installation, district heat will be used only for priming i.e. to acquire additional energy from the district heating system if the capacity of the PILP is not sufficient.

Research materials for this thesis were gathered via email questionnaire from twenty randomly selected district heating companies in Finland. The study was based on two parallel heating models published in the publication called "Rakennusten kaukolämmitys, Määräykset ja ohjeet" (K1/2013). In addition, a piping model was specifically designed for this study.

Respondents to the questionnaire revealed that an accurately adjusted flow control valve is of prime importance. The sizing for the portion of the district heating should be sufficiently precise in order to keep the temperature of its returning water as low as possible. Also, it is important to adjust the automation of the entire system in order to achieve optimum efficiency. The correct piping alone is not enough to keep the temperature of returning water at the right level.

The work included the design of a wiring diagram and writing a description of the installation. These were developed using the computer-aided design (CADS Planner) system. The device instruction manuals were available in English and a wiring diagram was available as well. The adjustment diagram was produced because it did not exist prior to this study. The diagram describes the functioning of the system.

Keywords: exhaust air heat pump, district heating, parallel heating system, adjustment diagram, description of the installation, sustainable

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 LÄMPÖPUMPUT	8
2.1 Historiaa	8
2.2 Toimintaperiaate.....	8
2.3 COP-kerroin eli lämpökerroin	10
2.4 Laskennallinen lämmön talteenoton lämpömäärä	11
3 LIVING HP -POISTOILMALÄMPÖPUMPPU	13
3.1 Poistoilmalämpöpumpun komponentit ja niiden toiminta	14
3.2 Asennusesimerkki.....	16
4 HAASTATTELUTUTKIMUS	17
4.1 Tutkimuskysymykset	17
4.2 Tulokset.....	21
5 ESIMERKKEJÄ KL–PALUUVEDEN LÄMPÖTILOISTA.....	24
5.1 Esimerkit säätöä ja muutoksia vaativista kohteista	24
5.2 Esimerkki onnistuneesta kohteesta	26
6 SÄÄTÖKAAVIO.....	28
6.1 Yleistä PI-kaavioista	28
6.2 Sääntökaavio	29
7 YHTEENVETO	36
LÄHTEET	38
LIITTEET	39

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Systemair Oy. Systemair Ab perustettiin vuonna 1974 tuomaan markkinoille pyöreä keskipakokanavapuhallin. Systemair Oy toimii tällä hetkellä tytäryhtiöineen 45 maassa, jotka ovat sijoittuneet Eurooppaan, Pohjois- ja Etelä-Amerikkaan, Lähi-itään, Aasiaan sekä Etelä-Afrikkaan. Tehtaita on 22 kpl, joissa on tuotanto- ja varastotilaa yhteensä yli 280 000 m². Konserniin kuuluu 58 yritystä, jotka työllistävät noin 4600 henkeä. (1.)

Yhtiön tuotevalikoima on kasvanut vuodesta 1974 huomattavasti sisältäen laajan valikoiman energiatehokkaita puhaltimia, ilmankäsittelykoneita, ilmanjakolaitteita, jäähdyttimiä, ilmaverhoja ja lämmitystuotteita. (1.) Yhtiön pääkonttori sijaitsee Vantaalla, aluetoimistot Juvalla, Tampereella ja Oulussa. (2).

Systemair on tuomassa Living HP -poistoilmalämpöpumpun Suomen markkinoille. Yhtiössä halutaan tietää, mitä mieltä kaukolämpöyhtiöt ovat näistä laitteista ja niiden asennuksesta ja mitä niiden käyttöönotossa pitää erityisesti ottaa huomioon. Living HP -poistoilmalämpöpumppu soveltuu erityisesti kerrostalokohteisiin, jotka on varustettu koneellisella poistoilmapuhaltimella, mutta joissa ei ole lämmön talteenottoa.

Energian säästöstä ja hiilijalanjäljestä puhutaan nykyään jatkuvasti. Rakentamisessa puhutaan nollaenergiataloista, mikä on johtanut eristepaksuuksien kasvuun ja tehokkaaseen lämmön talteenottoon rakennusten ilmanvaihtojärjestelmissä.

1960–1990 rakennetut asuinkerrostalot muodostavat huomattavan osan suomalaisesta rakennuskannasta. Näitä taloja saneerataan parhaillaan ja ne on lähes poikkeuksetta varustettu koneellisella poistoilmanvaihdolla, jossa ei ole lämmön talteenottoa. PILP-järjestelmän käyttöönotto vähentää kaukolämmön kulutusta noin puolella. Luku kuitenkin vaihtelee alle 40 prosentista jopa 70 prosenttiin kohteen mukaan. Voidaan kuitenkin varmuudella sanoa, että energiatehokkuus paranee huomattavasti. (3.)

”Suomen rakennuskantatilastojen ja rakennusvuodesta riippuvan ominaislämmitysenergian kulutuksen perusteella on laskettu realistiseksi pitkän aikavälin kokonaispotentiaaliksi kaukolämmön kulutuksen vähenemälle koko maassa noin 2,7 TWh. Tyypillisellä lämpökertoimella (COP) 3,5 laskettuna vastaava sähkönkulutuksen kasvu olisi noin 0,8 TWh.” (3.)

Tuotantolaitokselle palaavan veden lämpötilan kohoaminen voi vaikeuttaa myös lämmön talteenottamista savukaasuista, jolloin lämmöntuotannon hyötysuhde laskee edelleen. PILP voidaan kytkeä sarjaan tai rinnan kaukolämmön kanssa. PILP-järjestelmän tehokkuutta ajatellen ei ole niin suurta merkitystä, kumpaa kytkentää käytetään. Jos otetaan huomioon kaukolämpöjärjestelmän energiatehokkuus, rinnankytkentä on parempi vaihtoehto. Kokonaisuutta ajatellen onkin tärkeää mitoittaa ja säätää järjestelmä huolellisesti. (4.)

Tämän työn tarkoituksena on selvittää Systemair Oy:lle eri kytkentävaihtoehtoja poistoilmalämpöpumpuille eli PILP-järjestelmälle. PILPiä tullaan käyttämään rinnakkaislämmönlähteenä kaukolämmitystä käyttävissä kiinteistöissä. Työhön kuuluu myös toimintaselostuksen ja säätökaavion tekeminen Living HP -poistoilmalämpöpumpulle. Lisäksi työssä käydään läpi prosessi- ja instrumentointikaavioiden merkintöjä.

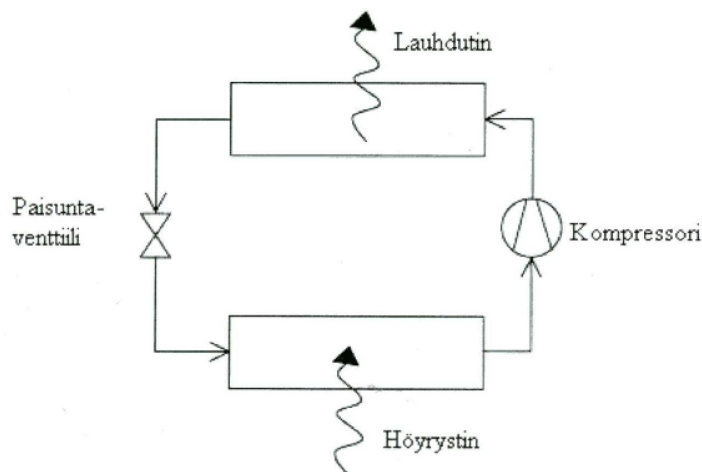
2 LÄMPÖPUMPUT

2.1 Historiaa

Nykypäivän jääkaappi on tunnetuin lämpöpumppusovellus. Lämpöpumppu on jo vanha keksintö ja sitä on käytetty jäähdytykseen maailmalla jo kauan. Viime vuosikymmeninä lämpöpumppuja on alettu käyttää myös lämmitykseen. 1970–1980-luvuilla lämpöpumput yleistyivät Suomessa pientalojen lämmitysjärjestelmissä energiakriisien seurauksena, mutta kiinnostus lämpöpumppuihin loppui epäonnistuneiden järjestelmäratkaisujen seurauksena varsin pian. Lämpöpumput alkoivat kiinnostaa uudelleen 1990-luvun lopulla, ja nykyään niiden myyntimäärät kasvavat vuosittain. (5.)

2.2 Toimintaperiaate

Lämpöpumput koostuvat yleensä kompressorista, lauhduttimesta, paisunta-venttiilistä ja höyrystimestä. Lämpöpumppu ottaa energiaa alhaisessa lämpötilassa olevasta lämmönlähteestä (ilma, maaperä, vesi) ja nostaa lämpötilan korkeammalle kompressorin sekä kylmäaineen höyrystymisen ja lauhtumisen avulla. Toimintaperiaate selviää kuvasta 1. (5.)



KUVA 1. Lämpöpumpun toimintaperiaate (5)

Halvin ja yksinkertaisin lämpöpumpuista on ilmalämpöpumppu, jonka lämmityskyky kuitenkin heikkenee ulkolämpötilan laskiessa. Lämpötilan laskiessa riittävän alas lämmityskyky loppuu kokonaan. Nollakelillä ja vielä pikkupakkasilla ilmalämpöpumpuilla kuitenkin pystytään vähentämään energian kulutusta. Tämän vuoksi ilmalämpöpumput soveltuvat Suomen oloissa vain täydentämään lämmöntarvetta. (5.)

Ilmalämpöpumppua tehokkaampi ja kalliimpi on maalämpöpumppu. Se tuottaa lähes kokonaan rakennuksen lämmitysenergian tarpeen. Tämän lämmitysmuodon varalle pitää olla kuitenkin toinenkin lämmitysmuoto käytössä. Sähkölämmitys on vaihtoehtoista halvin ratkaisu. Sen avulla täydennetään lämmitysenergian tarvetta kovilla pakkasilla ja sillä voi myös maalämmön häiriötilanteissa lämmittää rakennuksen. (5.)

Poistoilmalämpöpumppu ottaa energian talteen rakennuksen poistoilmasta ja siirtää sen käytettäväksi lämmitys- ja/tai käyttöveteen rakennuksessa. Poistoilmalämpöpumppu on hankintahinnaltaan kalliimpi kuin ilmalämpöpumppu mutta halvempi ratkaisu verrattuna maalämpöön. (5.)

Kiinteistöliiton verkkojulkaisussa PILPin investointikustannukseksi kerrostaloon on arvioitu noin 50 000 € ja energiakustannukset ovat pudonneet noin 40 % lämpöpumpun COP-kertoimen ollessa 3,5–4. (6.) Toistaiseksi ei ole vielä yleisesti tiedossa kerrostalokohteista saatuja kustannuksia ja säästöjä käytettäessä PILPiä.

Lämpöpumppujen investointikuluja sekä niillä saatuja säästöjä voi vertailla taulukosta 1. Taulukko perustuu arvioon jossa lämmitykseen ja käyttöveteen kuluu vuodessa 25 000 kWh sähköä tai 3000 l öljyä. (7.) Taulukko on tehty lähinnä omakotitalon kulutuksien ja investointien vertailuun.

TAULUKKO 1. Investointi ja säästövertailu lämpöpumpuille (7)

Lämpöpumppu- tyyppi	Säästö kWh vuodessa	Säästö ¹ euroa vuodessa	Investointi ² euroa
Maalämpöpumppu	14 000...17 000	1 800...2 200	14 000...20 000
Ilma-vesi- lämpöpumppu	8 000...13 000	1 000...1 700	8 000...12 000
Poistoilma- lämpöpumppu	3 000...7 000	400...800	6 000...10 000 ³
Ilmalämpöpumppu	2 000...7 000	250...800	1 500...2 500

1) Sähkö ja öljy 0,13 €/kWh (sähkö 13 c/kWh ja öljy 1,1 €/litra 80% vuosihyötysuhteella)

2) Investointikustannus asennettuna, ei sisällä lämmönjakojärjestelmää

3) Sisältää myös ilmanvaihtolaitteen, mutta ei sen kanava-asennuksia

2.3 COP-kerroin eli lämpökerroin

Coeflîcient Of Performance on englanninkielellä lyhennettynä COP. COP-arvo kertoo, kuinka moninkertaisen määrän lämpöenergiaa pumppu tuottaa itse kuluttamaansa sähköenergiaan verrattuna. Laskennallisesti voidaan todeta, että COP-arvolla 3 pumppu luovuttaa jokaisen itse käyttämänsä kilowattitunnin lisäksi kaksi ylimääräistä kilowattituntia lämpöä, jolloin sähkölaskuun kertyy maksettavaa vain yhdestä kilowattitunnista jokaista rakennusta lämmittävää kolmen kilowattitunnin energiamäärää kohti. Kokonaisenergiamäärä, joka saadaan hyödyksi, on kun lasketaan yhteen kompressorin tekemä työ ja lauhduttimesta saatu energia. On kuitenkin huomioitava, että lämpökertoimen kaavalla laskettaessa saadaan liian korkeita COP-arvoja, koska siinä laitteiden oletetaan toimivan 100 %:n hyötysuhteella. (5.)

Teoreettinen, ideaalista Carnot-prosessia vastaava hyötysuhde lämpöpumppujärjestelmälle saadaan laskettua lauhtumis- ja höyrystymislämpötilojen erolla kaavalla 1. (8, s. 290.)

$$\text{Lämpökerroin} = \frac{T_2}{(T_2 - T_1)} \quad \text{KAAVA 1}$$

$T_1 =$ Kohteen lämpötila, josta lämpö kerätään eli ulkoilman tai maan lämpötila, K

$T_2 =$ Kylmäaineen lauhtumislämpötila eli sisäilman tai kiertoveden lämpötila, K

COP-arvoa laskettaessa lämpötilat on laskettava käyttäen absoluuttisesta nollapisteestä alkavia kelvin-yksiköitä. Lisäämällä celsiusasteeseen luku 273,15 eli absoluuttinen nollapiste saadaan kelvin-yksikkö. (5.)

2.4 Laskennallinen lämmön talteenoton lämpömäärä

Asuntojen mitoituslämpötila on 21 °C ja ilman minkäänlaista lämmön talteenottoa lämmintä ilmaa poistetaan suoraan ulos ja lämpöenergia menee hukkaan. Poistoilmalämpöpumppu ottaa lämmön talteen ja ulos poistuva ilma on noin 5-asteista.

Jos PILP poistaa ilmaa 1000 l/s yhdestä kuutiometristä 21-asteista, poistoilmaa saadaan talteen otetuksi lämpötehoksi laskemalla 21,6 kW, kun jäteilma on 5 °C ja ilman tiheytenä 1,2 kg/m³ sekä ilman ominaislämpökapasiteettina 1000 J/kg°C. (Kaava 2.)

$$\dot{\phi} = 1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (21 - 5)^\circ\text{C} \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 19200 \text{ W} = 19,2 \text{ kW} \quad \text{KAAVA 2}$$

Jos ilmanvaihto olisi rakennuksessa samalla teholla 24 h/d, saadaan vuorokaudessa talteen otettu energiamäärä laskettua kaavalla 3.

$$Q = 24 \text{ h} \times 19,2 \text{ kW} = 460,8 \text{ kWh} \quad \text{KAAVA 3}$$

Jos ilmanvaihto olisi 12 h/d teholla 1000 l/s ja 12 h/d 500 l/s, saadaan talteen otettu energiamäärä vuorokaudessa laskettua kaavalla 4.

$$Q = (12 \text{ h} \times 19,2 \text{ kWh}) + (12 \text{ h} \times 9,6 \text{ kWh}) = 345,6 \text{ kWh} \quad \text{KAAVA 4}$$

Asuntoilmanvaihdossa tarkastellaan yleensä kuivaa ilmanvaihtoa. Talteen otetun lämmön määrään vaikuttavat lämmönsiirtimen hyötysuhde, poistoilman lämpösisältö (kosteus ja lämpötila) ja käyttöajat. (8, s. 295)

3 LIVING HP -POISTOILMALÄMPÖPUMPPU

Living HP -poistoilmalämpöpumpusta (kuva 1.) on kolmea eri kokoa, jotka näkyvät alla olevassa taulukossa 2. Joka mallista on kaksi versiota, oikea- ja vasenkätinen. (9.)

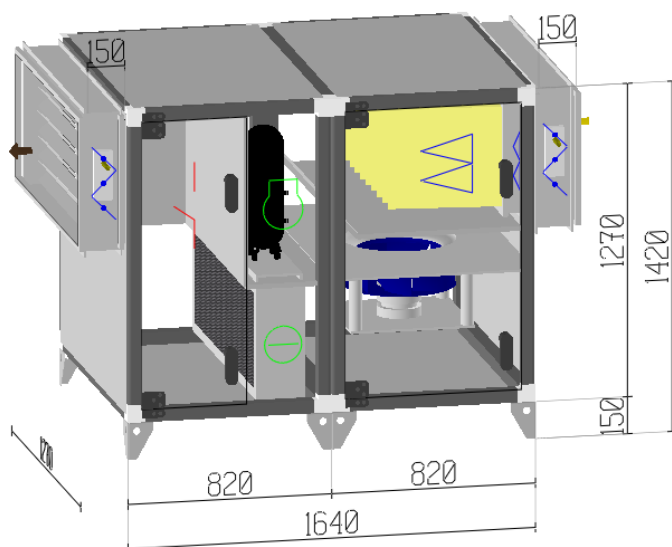
TAULUKKO 2. Living HP poistoilmalämpöpumput (9)

	Asunto kpl.*	Poistoilma l/s	Nom. l/s SFP <0.6	COP**nom	Lämmitys teho kW
Living HP 15	10–22	250–555	444	4,5	16
Living HP 20	18–40	440–1000	722	4,4	30
Living HP 25	29–64	1000–1590	1278	4,5	42

*Yhden asunnon
ilmavirta
25l/s

**Lämmitys
menovesi
+40°C

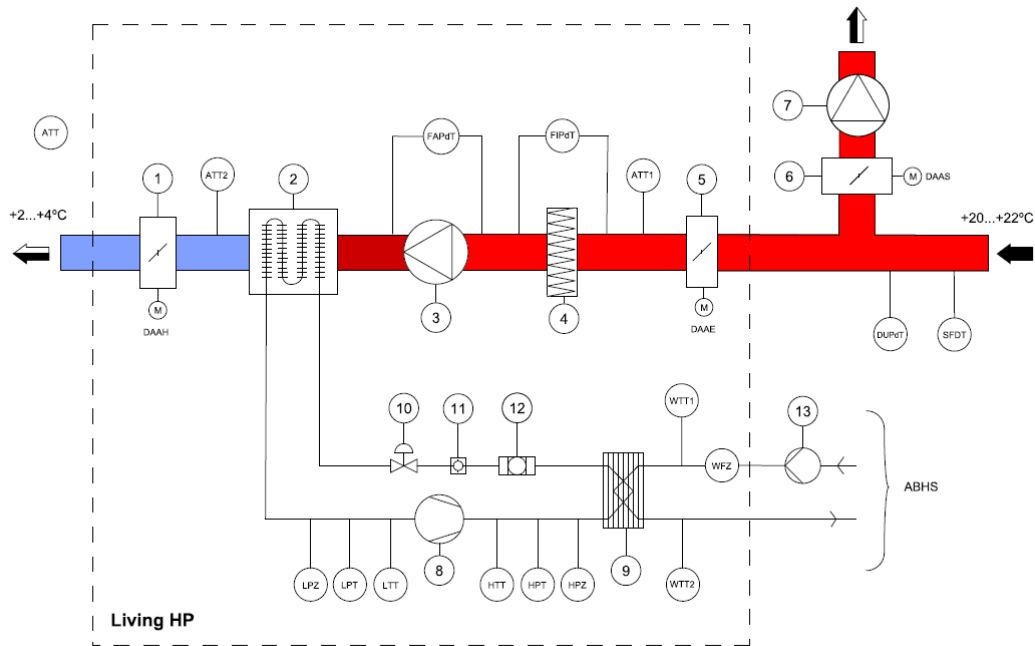
Kuvassa 2. on Living HP 20 -poistoilmalämpöpumppu. Kuvasta selviää kolmiulotteisena poistoilmapumpun rakenne, tulo- ja poistoilmapellit, suodattimet, kammiopuhallin, höyrystin ja kompressor sekä ulkoiset mitat. (9.)



KUVA 2. Living HP 20 (10)

3.1 Poistoilmalämpöpumpun komponentit ja niiden toiminta

Alla olevasta yksikkökaaviosta (kuva 3) ja taulukosta 3. käy ilmi Living HP - poistoilmapumpun tärkeimmät komponentit, ja sivulla 15 on esitetty perustoimintaperiaate.



KUVA 3. Yksikkökaavio (9)

TAULUKKO 3. Komponentit Living HP (9)

Paikka	Kuvaus	Paikka	Kuvaus
1	Jäteilmapelti C¹	HPT	Kylmäaineen korkeapaineanturi
2	Höyrystinpatteri	LPT	Kylmäaineen matalapaineanturi
3	Poistoilmapuhallin	LTT	Kylmäaineen tulolämpötilan anturi
4	Suodattimet	HTT	Kylmäaineen lähtölämpötilan anturi
5	Poistoilmapelti A¹	WTT1	Veden tulolämpötilan anturi
6	Palo-/savupelti B²	WTT2	Veden menolämpötilan anturi
7	Palo-/savupuhallin²	HPZ	Kylmäaineen korkeapaineen turvakytkin
8	Kompressor	LPZ	Kylmäaineen matalapaineen turvakytkin
9	Lauhdutin	FAPdT	Puhaltimen paine-eroanturi
10	Paisuntaventtiili	SFDT	Savu- ja palotunnistin²
11	Tarkastuslasi	ATT1	Poistoilman lämpötilan anturi
12	Suodatinkuivain	ATT2	Jäteilman lämpötilan anturi
13	Vesipumppu³	FIPdT	Suodatinpaineen anturi
DAAS	Palo/savupellin toimilaite¹	ATT	Ulkolämpötilan anturi¹
DAAH	Jäteilmapellin toimilaite¹	WFZ	Vesivirtauskytkin
ABHS	Kerrostalon lämmitysjärjestelmä	DUPdT	Kanavan paine-eroanturi¹
		DAAE	Poistoilmapellin toimilaite¹

1. Ei asennettu toimittaessa

2. Valinnainen, tilattava erikseen. Ei asennettu toimittaessa

3. Ei sisälly toimitukseen

Jäteilmapelti (1) sekä poistoilmapelti (5) avautuvat ja sulkeutuvat koneen toiminnan mukaan. Pellit sulkeutuvat myös apuvirran kadotessa (sähkökatko), jotta talviaikaan kylmä ilma ei pääse virtaamaan koneeseen tai koneen läpi huoneistoihin.

Höyrystimessä (2) kuumakaasu höyrystyy poistoilmaa alemmassa lämpötilassa sitoen lämpöä poistoilmasta. EC-kompressorin (8) elektroninen kierrosluvunsäätö ($20-120 \frac{r}{min}$) varmistaa, että moottori toimii aina optimaalisella teholla.

Kompressorin imee matalapaineisen kylmäainehöyryn ja puristaa sen korkeampaan paineeseen ja samalla höyryn lämpötila nousee.

Lauhduttimessa (9) kuuma höyry nesteytyy eli lauhtuu ja luovuttaa lämpöä kiertovesipumpun kierrättämään veteen, joka kiertää lämmönjakokeskukselle haluttuun lämmönsiirtimeen.

Suodatinkuivain (12) (kuva 4) on vaihdettava, jos nestelasin (11) (kuva 5) väri-indikaattori on vaihtanut väriä vihreästä keltaiseen. Nestelasta voidaan myös tarkistaa, onko nestemäisessä kylmäaineessa ilmakuplia. Ilmakuplat voivat johtua liian vähästä kylmäaineesta laitteesta tai liian korkeasta lauhtumislämpötilasta.

Elektronisen paisuntaventtiilin (10) (kuva 6) läpi kulkiessa nestemäisen kylmäaineen paine sekä lämpötila laskevat ja neste muuttuu neste-höyryseokseksi. (11.)



KUVA 4. Suodatinkuivain (12)



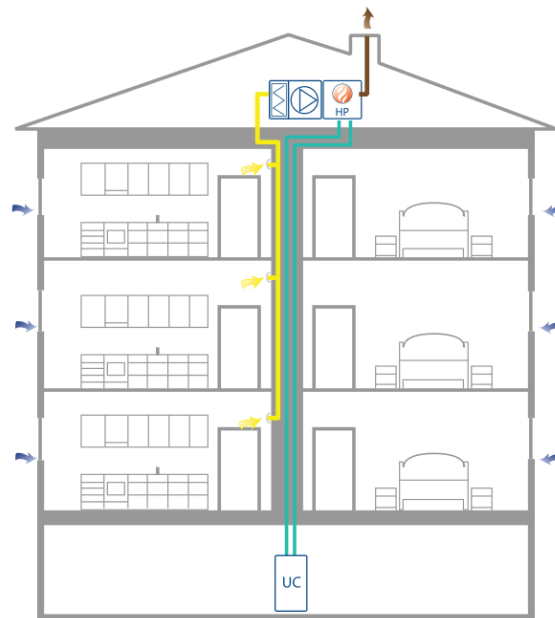
KUVA 5. Nestelasi (13)



KUVA 6. Paisuntaventtiili (14)

3.2 Asennusesimerkki

Alla oleva kuva 7 havainnollistaa tyypillisesti tehtyä asennusta. Kuvassa poistoilmalämpöpumppu on asennettuna ullakolle. Vanha huippuimuri on poistettu käytöstä ja vanhaa yhteispoistojärjestelmän putkistoa käytetään samalla tavalla kuin ennenkin. Poistoilmalämpöpumpulle järjestetään viemäröinti (32 mm) kondenssiveden poistoa varten sekä sähkönsyöttö 400 V 17,5 A–38 A mallista riippuen. Tuloilma asuntoihin tulee edelleen vanhoista venttiileistä, jotka vanhoissa taloissa sijaitsevat yleensä ikkunoiden kohdalla, joko lämmityspatterin takana, ikkunan yläkarmissa tai ikkunan yläpuolella. (9.)



KUVA 7. Asennusesimerkki (15)

Laite toimitetaan kahdessa osassa. Lämpöpumppuosio painaa 219–303 kg ja ilmaskäsitelyosio 128–192 kg. Ulkoiset mitat ovat suurimmillaan P=1640 mm L=1300 mm K=1570 mm. Huoltotilaa on järjestettävä vähintään 850 mm yksikön tarkastuspuolelle. Ellei tilaa ole käytettävissä, voidaan tarkastusluukkujen saranoista irrottaa tapit ja ovet kokonaan huolto- ja tarkastusta varten. Ullakolta viedään lämpöeristetyt kiertovesijohdot lämmönjakuhuoneeseen, jossa ne liitetään kiertovesipumppuun ja lämmönsiirtimeen. (9.)

4 HAASTATTELUTUTKIMUS

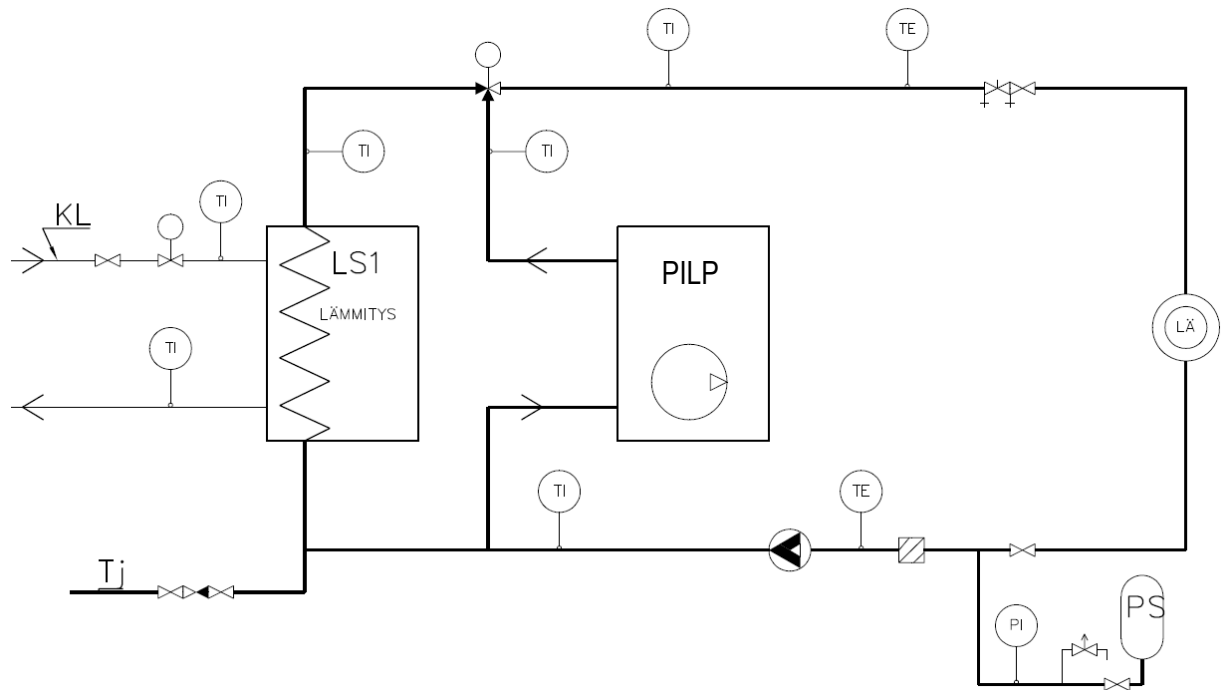
Haastattelututkimus toteutettiin sähköpostikyselyllä, jolla haluttiin saada kaukolämpöyhtiöiltä kommentteja sekä parannusehdotuksia kytkentöihin. Kyselyyn liitettiin kaksi valmista rinnakkaislämmönlähteen kytkentäesimerkkiä, joissa PILP on kytketty joko kiinteistön lämmitykseen tai vain käyttöveden lämmitykseen. Kytkentäesimerkit otettiin julkaisusta K1/2013 Rakennusten kaukolämmitys, Määräykset ja ohjeet. Yksi kytkentäehdotus tehtiin tutkimusta varten CADS Planner -ohjelmalla. Tässä esimerkissä poistoilmalämpöpumppu on kytketty palvelemaan tilojen lämmitystä sekä käyttöveden lämmitystä. (Liite 1.)

Ensimmäisen kyselykierroksen tulos oli vähäinen: kyselyyn saatiin ainoastaan kaksi vastausta. Muistutus sähköpostista lähetettiin kahden viikon kuluttua kyselyn vastaanottajille, minkä jälkeen saatiin yksi vastaus lisää. Myöhemmin kesällä lähetettiin viisi sähköpostia lisää saamatta niihin kuitenkaan vastauksia.

4.1 Tutkimuskysymykset

Seuraavat kolme kytkentäesimerkkiä (kuva 8, kuva 9 ja kuva 10) lähetettiin kaukolämpöyhtiöille. Kytkentöihin tiedusteltiin yhtiöiden mielipiteitä siitä, mitä PILPin asennuksessa tulisi ottaa huomioon ja mitä parannusehdotuksia yhtiöillä olisi. Alkuperäinen kyselylomake on liitteessä 1.

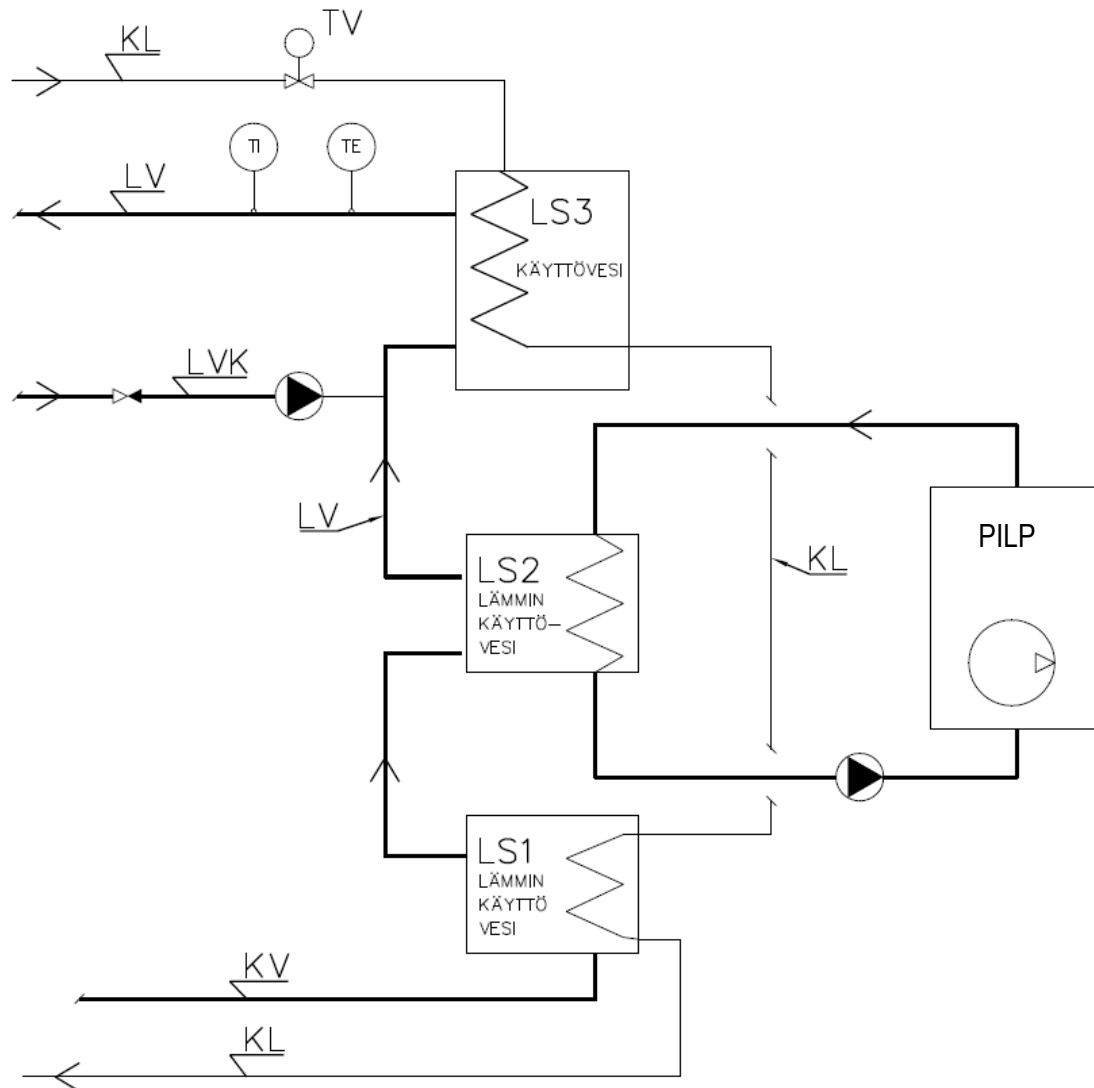
Ensimmäisessä esimerkkikytkennässä (kuva 8), joka on otettu julkaisusta K1/2013 Rakennusten kaukolämmitys, Määräykset ja ohjeet, PILP on kytketty pelkästään lämmitysjärjestelmään.



KUVA 8. PILP kytkettynä kiinteistön lämmitysjärjestelmään (16)

Kytkenän avulla lämmitystehontarve pyritään täyttämään PILPillä. Mikäli lämmitysverkkoon lähtevän veden lämpötilaa ei saada tarpeeksi nostettua PILPin teholla, otetaan lisälämmöntarve kaukolämmöstä lämmönsiirtimen (LS1) kautta. Siirtimen LS1 täytyy tuottaa lämmitysverkoston menovettä kuumempaa vettä, mikä pitää huomioida mitoituksessa. (16, s. 89)

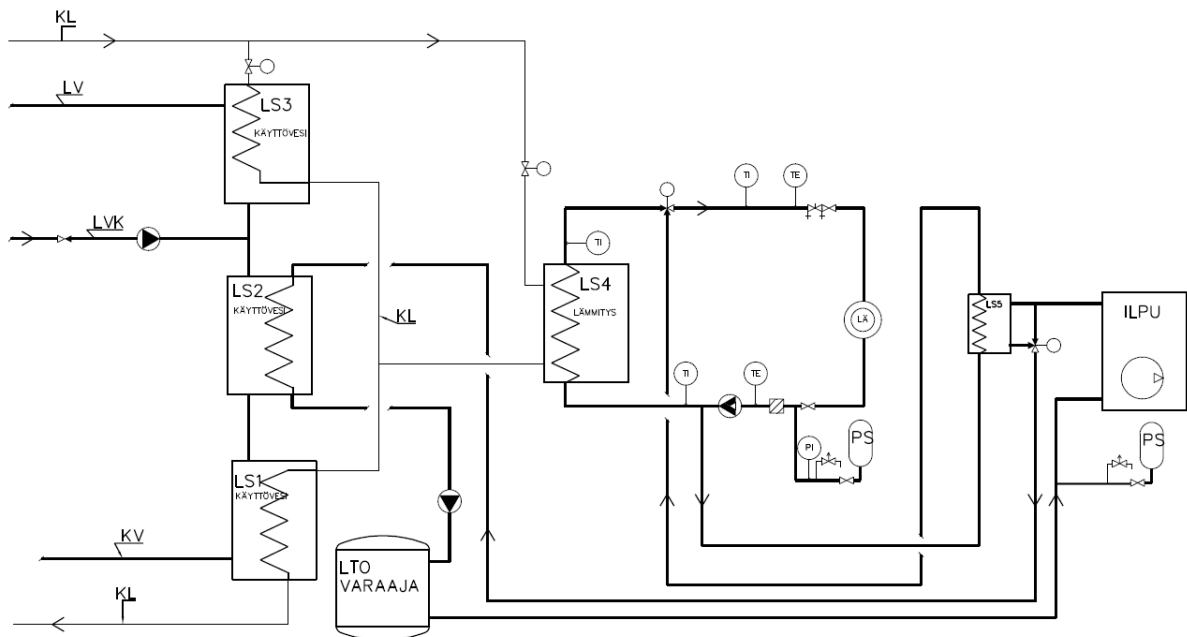
Toisessa esimerkkikytkennässä (kuva 9), joka on myös otettu julkaisusta K1/2013 Rakennusten kaukolämmitys, Määräykset ja ohjeet, PILP on kytkettynä pelkästään käyttöveden lämmitykseen.



KUVA 9. PILP kytkettynä vain lämpimän käyttöveden lämmitykseen (16)

PILPin automatiikka ohjaa säätölaitteistoa lämpötila-anturin TE -mittausarvon perusteella pitäen käyttöveden lämpötilan säätökeskuksen asetusarvon mukaisena. Jos PILPin teho ei riitä tuottamaan asetusarvon lämpöistä vettä, ohjaa kaukolämmön säätökeskus säätöventtiiliä-TV avautumaan. Ohjearvo lämpimälle käyttövedelle on 58 °C. (16, s. 89)

Kolmas esimerkkikytkentä (kuva 10) suunniteltiin yhdistämällä ensimmäinen ja toinen K1-julkaisusta otettu malli. Kaavioon lisättiin myös lämminvesivaraaja.



KUVA 10. PILP kytkettynä lämmitys- ja käyttöveden lämmitykseen

Varaajan tarkoituksena on erityisesti kesäaikana talteenottoenergian varaus lämpimän käyttöveden kulutushuippuja varten. Talviaikaan lämmitystarpeen ollessa suurimmillaan kiinteistön lämmitys käyttää varmasti kaiken PILPin tuottaman energian. Kolmitieventtiilillä, jota ohjataan automaatiolla, saadaan energia ohjattua halutulle lämmönsiirtimelle (LS2) tai (LS5). Ohjattaessa energiaa kiinteistön lämmönsiirtimelle (LS5) vesi kiertää molempien siirtimien läpi. Jos käytetään ohjausta vain lämpimän käyttöveden tarpeeseen, vesi ei kierrä lämmityksen lämmönsiirtimessä.

4.2 Tulokset

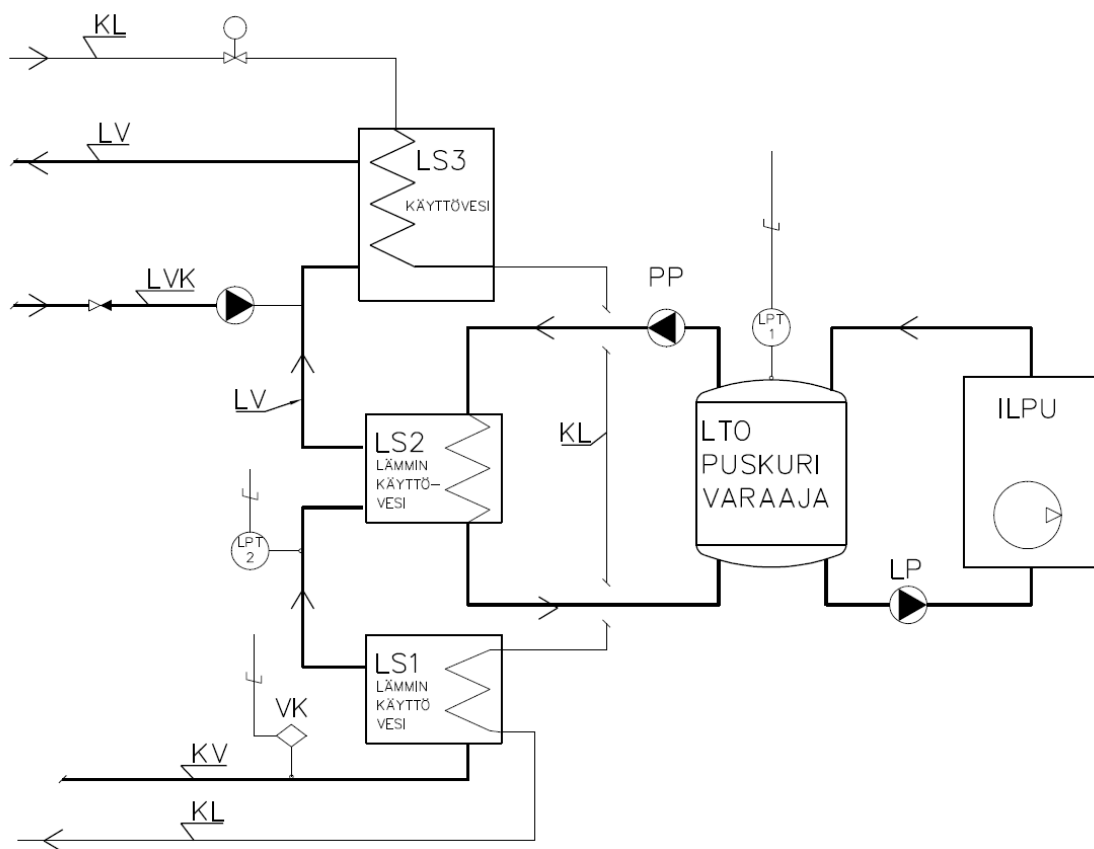
Kyselystä kävi ilmi, että Fortum Espoon mielestä kytkennät ovat sellaisia, joissa KL -paluulämpötilan ei pitäisi nousta. Yhtiöllä on käytössä ja kytkettynä 12 poistoilmalämpöpumppua ja lähes kaikki kytkennät on toteutettu keskenään eri tavalla. Lisäksi yhtiöllä on käytössä kaikki kytkentäperiaatteet jotka oli liitetty sähköpostikyselyn osaksi. Fortumissa on tutkittu KL-paluulämpötiloja kaikissa PILPin käyttökohteissa ja todettu paluuveden lämpötilan nousseen lähes kaikissa tapauksissa. Kohteessa, jossa on K1-mukainen kytkentä rinnakkaislämmönlähteelle (PILP-kytkentä), jäähdyttää kaukolämpövettä hetkellisesti hyvin ja hetkellisesti huonosti. Voidaan siis todeta, että toiminta on järjestelmässä epävakaata.

Fortumin vastauksista käy ilmi, että on erityisen tärkeää mitoittaa KL-säätöventtiilit tarpeeksi tiukaksi vastaamaan KL-osakuormaa, jotta KL-paluulämpötilaa nostava huojunta saadaan poistettua. Lisäksi koko järjestelmän automatiikan virittämisen onnistuminen on tärkeää. Yhtiöstä koettiin, että pelkällä oikealla kytkennällä ei pystytä takaamaan samana pysyvää KL-paluulämpötilaa.

Fortumin alueella saa käyttää toistaiseksi vain näitä sähköpostikyselyssä esitettyjä kytkentäperiaatteita (kuva 7, kuva 8 ja kuva 9). Lisäksi kylmän veden esilämmitys tai toisiopiirin paluun esilämmitys on kielletty, koska siihen ei ole mitään erityistä syytä.

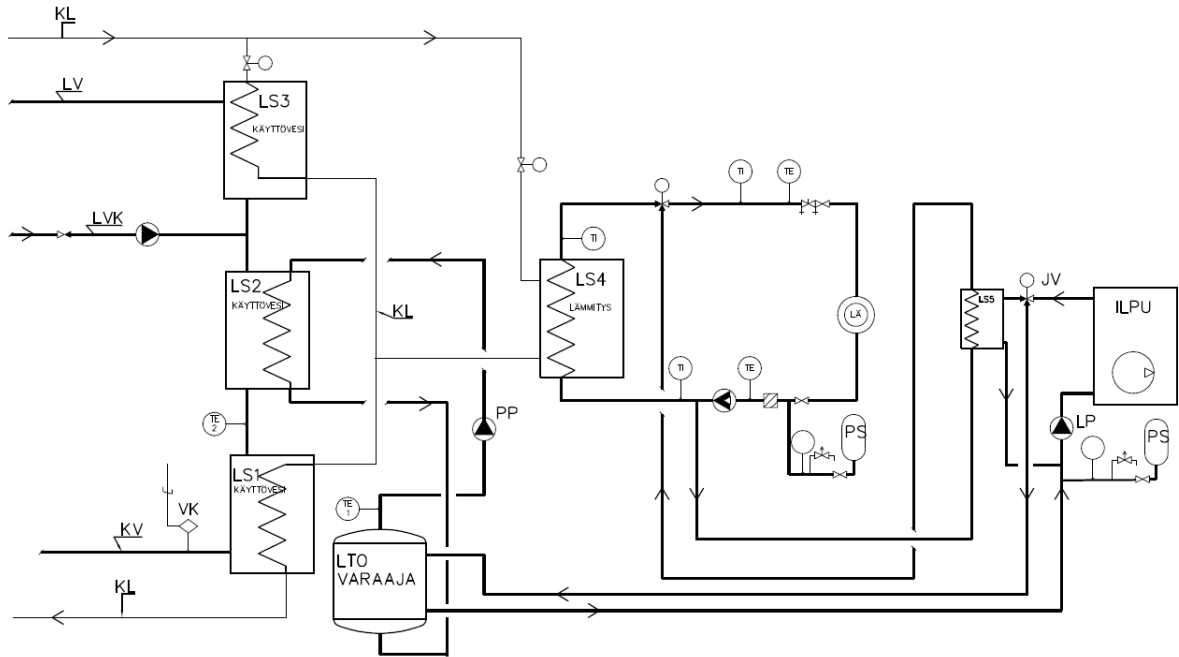
Vantaan energian mielestä kytkennät sinällään ovat menetteleviä, mutta lämmityspuolella ensiöpaluu tulee varustaa lämpötila-anturilla, joka vertaa KL-paluulämpötilaa toisiopuolen paluulämpötilaan. Näin varmistetaan, että häiriötilanteessa tai huonosti viritetyssä automatiikassa KL-paluu ei pääse lämpenemään tarpeettomasti. Toisin sanoen, kaukolämmön säätöventtiiliä ei ohjata pelkästään toisiopuolen menoveden anturilla rinnakkaislämmön kolmitieventtiilin jälkeen, vaan myös paluupuolen asteisuuksien mukaan.

Vaasan sähkön mielestä ensimmäinen kytkentämalli (kuva 8) on toimiva kaavio, mutta (LS1) mitoitus on tarkistettava myös lisäenergiantehon ja lämpötilojen eri käyttötilanteissa. Toisesta kytkentäkaaviosta (kuva 9) Vaasan sähkö kommentoi, että kytkentä on kokonaiskäyttöajaltaan vähäinen ja tehontarve jaksottaista. Yhtiöltä saatiinkin hahmotelma (kuva 11), jossa ehdotetaan talteenottoenergian lisäystä LTO-puskurivaraajalla, ja hetkellispurkutehon säätelyä purkupumpulla (PP). Tämä tarkoittaisi sitä, että purkupumppu (PP) käynnistyisi, mikäli lämpötila-anturin (LPT1) lämpötila olisi suurempi kuin lämpötila-anturin (LPT2) lämpötila ja (VK) osoittaisi virtausta.



KUVA 11. Vaasan sähkön ehdotus toiseen kytkentäkaavioon (kuvaan 9)

Vaasan sähkö oli laatinut myös toisen ehdotuksen kytkennästä piirustuksena. Verrattuna ensimmäiseen ehdotukseen (kuva 12) siihen oli muutettu LTO-varaajan kytkentä, lisätty pumppu (LP) sekä kolmitieventtiilin (JV) paikka, jolloin talteenottotehoa voidaan ohjata jako venttiilillä (JV) optimoidusti LTO-puskurivaraajan ja lämmityspiirin välillä.



KUVA 12. Vaasan sähkön ehdotus kolmanteen kytkentäkaavioon (kuvaan 10)

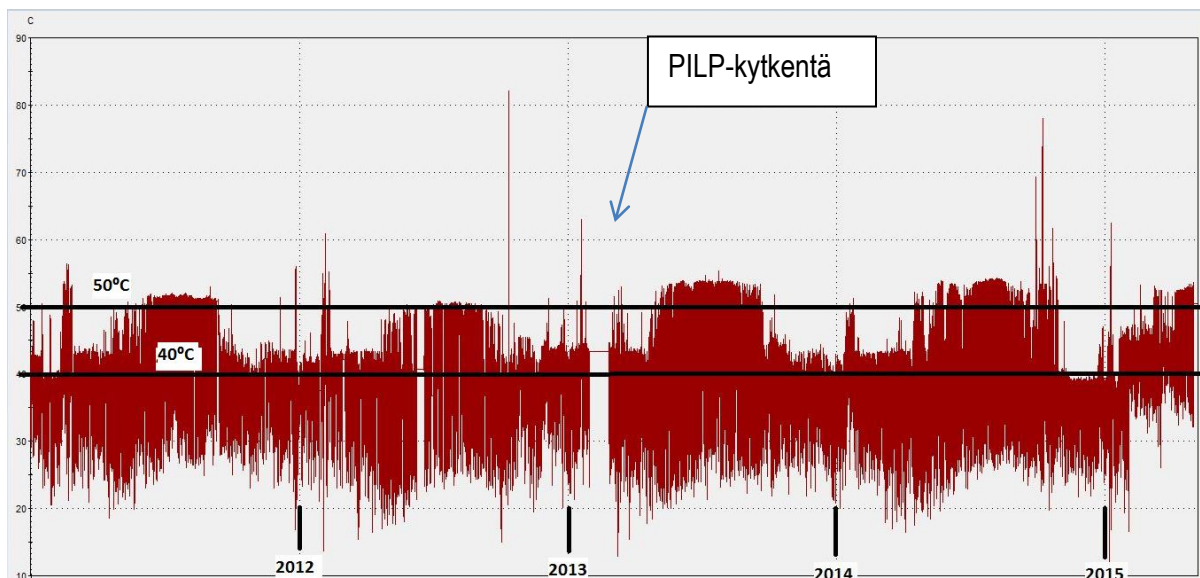
5 ESIMERKKEJÄ KL-PALUUVEDEN LÄMPÖTILOISTA

Fortum Espoolta saatiin kolmesta kohteesta esimerkkikuvaajat kaukolämmön paluulämpötilasta poistoilmalämpöpumpun kytkemisen jälkeen.

Kahdessa kohteessa KL-paluulämpötila on kohonnut ja yhdessä kohteessa (nähtävissä luku 5.2) lämpötila on pysynyt ennallaan. Lisäksi yhtiöstä saatiin kytkentäkaaviot kyseisistä kohteista, mutta niihin ei saatu julkaisulupaa.

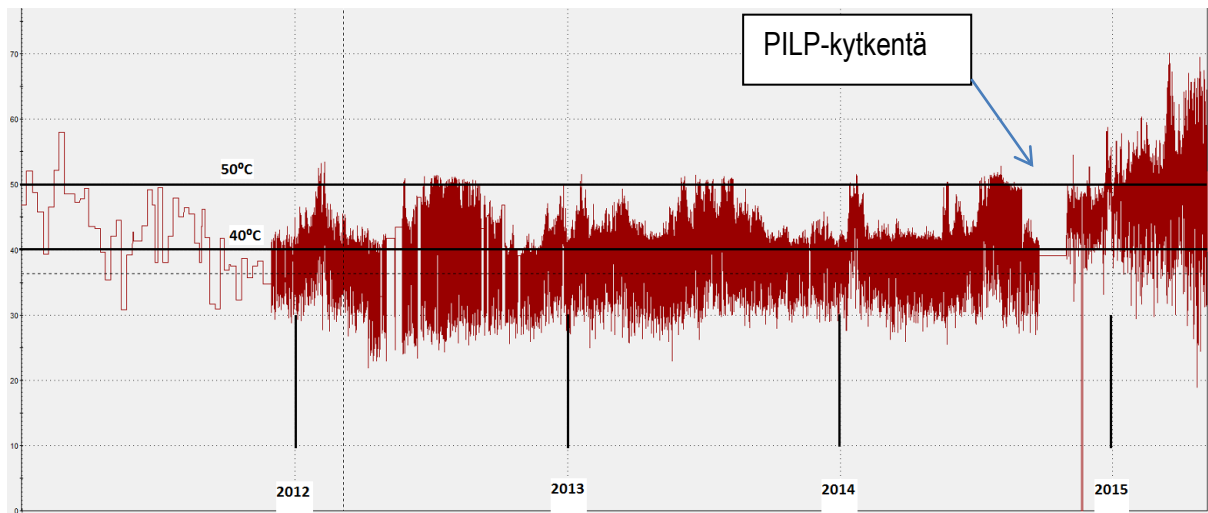
5.1 Esimerkit säätöä ja muutoksia vaativista kohteista

Kuvasta 13 on nähtävissä, että taloyhtiössä kohde 1 PILPin käyttöönoton jälkeen kaukolämmön paluuveden lämpötila on noussut ja huojunta lisääntynyt.



KUVA 13. Taloyhtiö kohde 1, kaukolämmön paluuveden lämpötilaseuranta (17)

Taloyhtiössä kohde 2 (kuva 14) kaukolämmön paluuveden lämpötilan keskiarvo on noussut yli 10 °C PILPin asennuksen jälkeen. Myös huojunta on kasvanut paljon ja lämpötila on käynyt jopa 70 °C:ssa.



KUVA 14. Taloyhtiö kohde 2, kaukolämmön paluuveden lämpötilaseuranta (17)

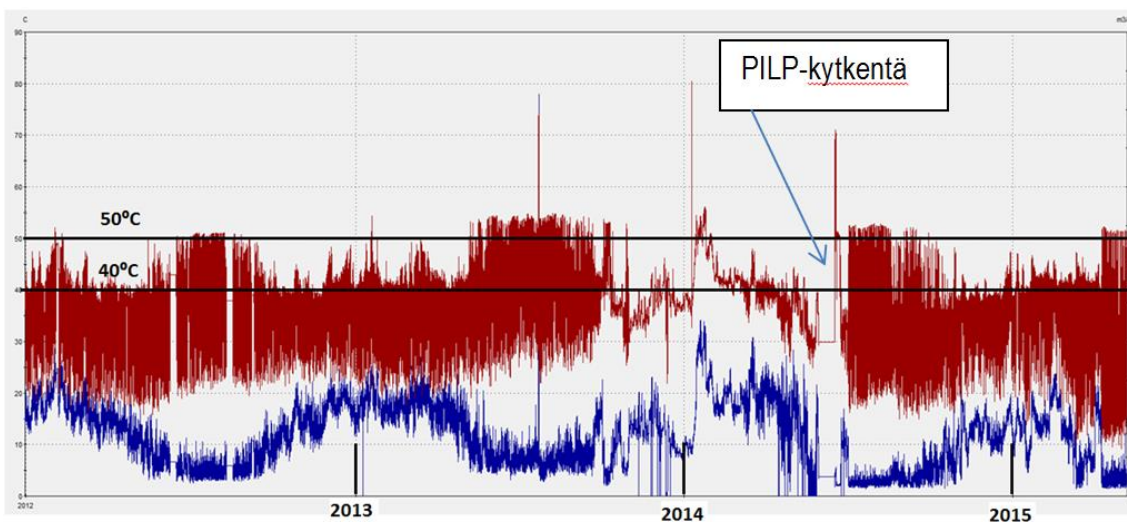
Mitoitettaessa lämmönsiirtimiä tulee pyrkiä mahdollisimman alhaisiin lämpötiloihin. Taulukosta 4 selviää mitoituslämpötilat kaukolämmön lämmönsiirtimille olemassa olevalle rakennukselle. Käyttöveden lämmönsiirtimet mitoitetaan kuten uudisrakennuksissa. Ensiö tarkoittaa kaukolämpöverkostossa kiertävää vettä ja toisio kiinteistön lämmitys- ja käyttövesiverkoston vettä. (14, s. 57)

TAULUKKO 4. Lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat olemassa olevalle rakennukselle (16)

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C			
	ENSIÖ		TOISIO	
	TULO	PALUU	PALUU	MENO
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattori-lämmitys	115	43 (max)	40 (max)	70 (max)
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattori-lämmitys – vanhat rakennukset	115	63 (max)	60 (max)	80 (max)
Lämmityksen lämmönsiirtimet, lattialämmitys	115	33 (max)	30 (max)	40 (max)
Kosteiden tilojen mukavuuslattialämmitys	70	28 (max)	25 (max)	35 (max)
Ilmanvaihdon lämmönsiirtimet	115	43	40	70
Huomautus		Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla enintään 3 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila		

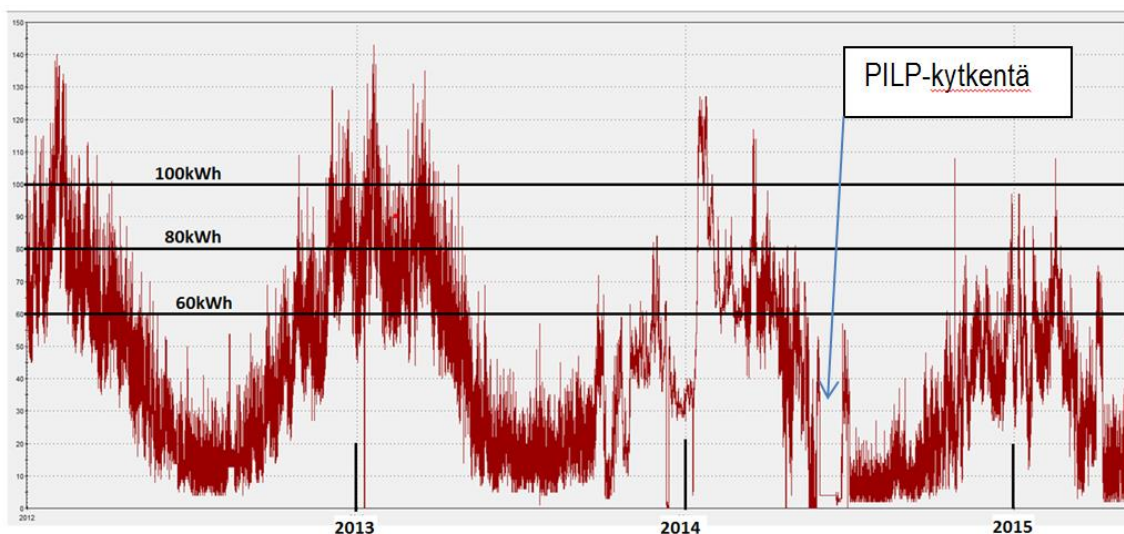
5.2 Esimerkki onnistuneesta kohteesta

Fortum Espoon lähettämässä kuvassa 15 havainnollistuu, kuinka onnistunut kytkentä ja hyvin säädetty automatiikka ovat pitäneet kaukolämmön paluuveden lämpötilan alhaisena.



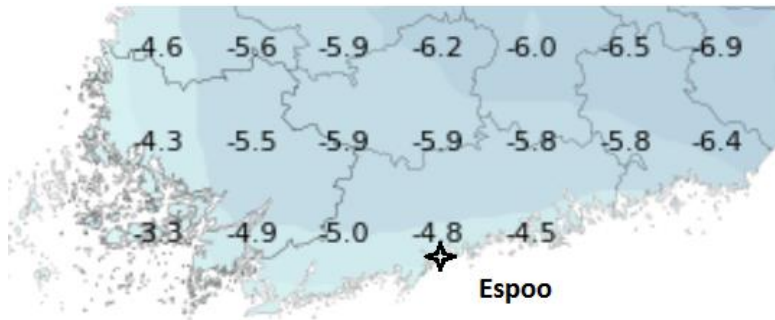
KUVA 15. Kaukolämmön paluuveden lämpötilaseuranta (17)

Kuvassa 16 on näkyvissä puolestaan energiankulutuksen väheneminen PILPin asennuksen jälkeen. Kuvasta voidaan nähdä, kuinka seurantaviiva kulkee alempana 2014–2015 talven aikana.

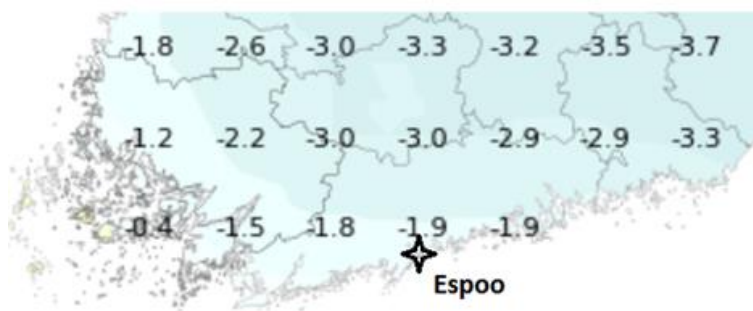


KUVA 16. Kaukolämmön energiakulutuksen seuranta (17)

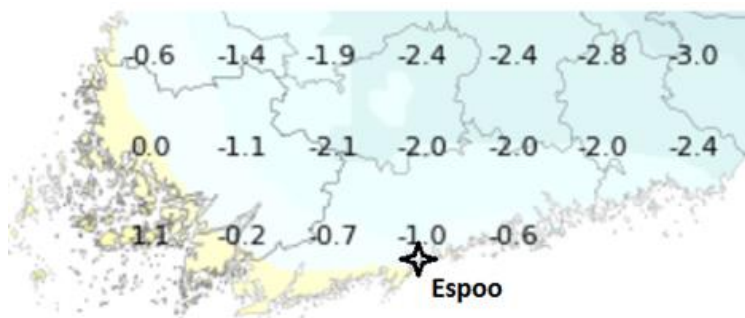
Kun otetaan huomioon vielä talvien 2013, 2014 ja 2015 keskilämpötilat Etelä-Suomessa (kuvat 17, 18 ja 19) ja verrataan energiankulutusseurantaa niihin, voidaan todeta, että talvien lämpötilaeroilla on ollut merkitystä energiankulutukseen vain vähän.



KUVA 17. Talven keskilämpötila 2013 (18)



KUVA 18. Talven keskilämpötila 2014 (18)



KUVA 19. Talven keskilämpötila 2015 (18)

6 SÄÄTÖKAAVIO

6.1 Yleistä PI-kaavioista

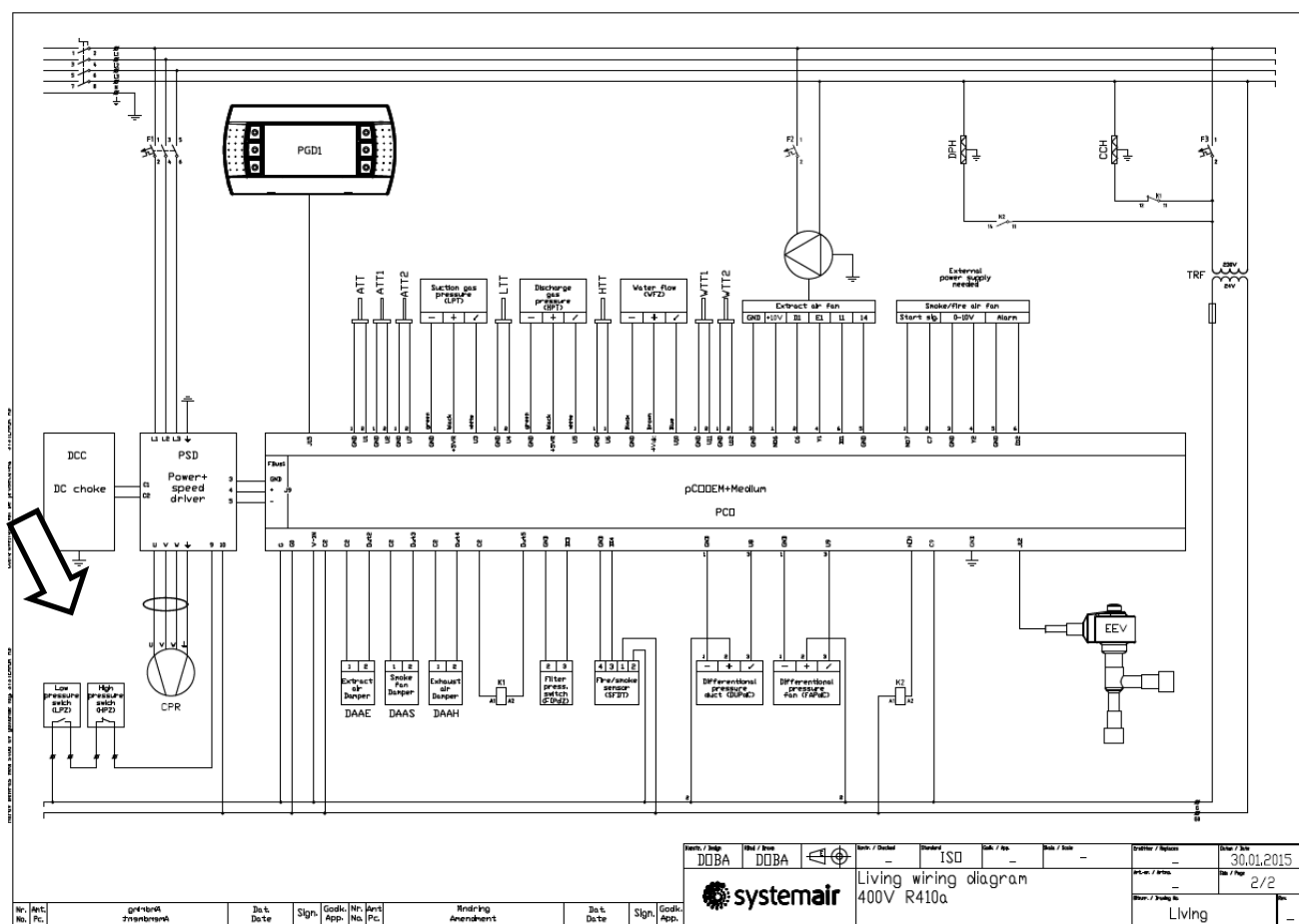
Prosessi- ja instrumentointikaavion eli PI-kaavion tarkoitus on antaa tieto teknillisistä ratkaisuksista prosessissa. Lisäksi siitä saadaan tiedot materiaaliluetteloon esimerkiksi kustannusarviota varten. Kirjainten merkitys ympyrän sisällä on standardoitu. Ensimmäinen kirjain kertoo, mitä mitataan tai säädetään, jolloin se kertoo mittaussuureen. Joissakin tapauksissa sama kirjain voi merkitä kahta eri asiaa: T ympyrän sisällä ensimmäisenä kirjaimena tarkoittaa lämpötilaa (T=temperature), mutta jos se tulee ensimmäisen kirjaimen jälkeen, se tarkoittaa lähettintä (T=transmitter). Esimerkiksi PT tarkoittaa painelähetintä. Seuraavat kirjaimet kertovat, mihin valvomolaitteeseen mittaussignaali on kytketty. Valvomolaitteet ovat säädin, osoitinkoje, piirturi ja laskuri. Jos laitteita on useampia, kirjainten järjestys on I, R, C, T, Q, S, Z, A. Hälytys (A = alarm) merkitään ympyrän sisällä aina viimeiseksi kirjaimeksi. Kirjainten merkitykset käyvät ilmi taulukosta 5. (19.)

TAULUKKO 5. Kirjainten merkitys PI-kaaviossa (19)

PI-MERKINNAT		
Kirjain	Merkitys 1. kirjaimena (SUURE)	Merkitys seuraavana kirjaimena (LAITE)
A		Alarm = HÄLYTYS
C		Control = SAATO
D	Density= TIHEYS	Difference= ERO
E	SÄHKÖSUUREET esim. teho, jännite	Element = ANTURITOIMINTA
F	Flow = VIRTAAUS	SUHDE esim. suhdesäätö
G	PITUUS TAI ASEMA	
H	Hand = KÄSIOHJAUS	
I		Indicator = OSOITUS
L	Level = PINNANKORKEUS	
M	Moisture = KOSTEUS	Modulator = VIESTIN MUUNTO esim. U/I tai P/I
N	VAPAAVALINTAINEN	
O	VAPAAVALINTAINEN	
P	Pressure = PAINES	TESTAUS, NÄYTTENOTTO
Q	Quality = LAATU	LASKURI ELI SUMMAIN
R	Radioactivity = RADIOAKTIIVINEN SÄTEILY	Recorder = TALLENNUS
S	Speed = NOPEUS TAI TAAJUUS	Switch = KYTKENTÄTOIMINTA
T	Temperature = LÄMPÖTILA	Transmitter = LÄHETIN
V	Viscosity = VISKOSITEETTI	Valve = VENTTIILI
W	Weight = PAINO, VOIMA	
Z		HÄTÄ- TAI TURVATOIMINTA esim. pysäyttää pumpun (lukitus)

6.2 Sääntökaavio

Säätökaavion laatii automaatio suunnittelija ja siitä käy ilmi laitteen komponentit, automaation instrumentointi sekä valvonnan alakeskus VAK, johon merkitään automaatioon liitettävät pisteet. Säätökaavioon kuuluu myös toimintaselostus, jossa selvitetään sanallisesti prosessin toimintaa. Sen tulee olla yksiselitteinen, koska siitä laaditaan automaation ohjelmointi. Lisäksi erilliselle lehdelle tulevat komponenttien raja- ja ohjearvot ja viiveet sekä laiteluettelo. (20.)



KUVA 20. Wiring diagram (21)

Säätökaavion laatiminen aloitettiin tulkitsemalla olemassa olevaa kytkentäkaaviota Wiring diagram (kuva 20). Tämän jälkeen aloitettiin piirtämään säätökaaviota (kuva 20) CADS Planner -ohjelmalla. Esimerkiksi kuvassa 20 vasemmalla alhaalla oleva matalapainekytkin LPZ ja korkeapainekytkin HPZ suojaavat kompressoria imupuolella liian alhaiselta imupaineelta ja korkeapainepuolella liian suurelta kuumakaasun paineelta.

Kytkimet piirrettiin säätökaavioon kompressorin molemmille puolille ja merkittiin kirjaimilla PZA 02 matalapaine sekä PZA 01 korkeapaine.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kumman tahansa kytkimen lauetessa lämmön talteenottoyksikkö sammutetaan sekä lähetetään hälytys, jonka hälytysluokka on 2, eli vika. Hälytyksen siirto voi tapahtua esimerkiksi GSM-modulin kautta huoltoyhtiölle. Huoltomiehen on käytävä kuittaamassa hälytys paikan päällä. (11.)

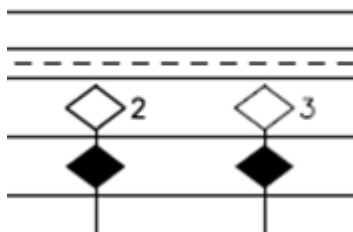
Kuvassa 21 hälytysluokat ja kytkentäpisteiden merkinnät ohjelmallinen tai fyysinen liitäntä SU tarkoittavat sähköurakkaan kuuluvaa johtoa.

Numero hälytyskytkentäpisteiden vieressä tarkoittaa hälytysluokkaa (kuva 22). Numero 0 pysäyttää yleensä prosessin. Numero 1 voi hälyttää esimerkiksi liian korkeasta lämpötilasta prosessissa, mutta lämpötila ei ole vielä liian korkea hälytykseen 0 tai 2, jolloin talteenottoyksikkö sammutetaan. Numero 2 voi hälyttää, jos jokin koneen osa ei toimi kunnolla tai ei ollenkaan. Numero 3 tekee hälytyksen esimerkiksi ilmastointikoneen suodattimen tukkeutumisesta.

- 0 = HÄTÄ
- 1 = VAARA (0–1 h)
- 2 = VIKA (0–24 h)
- 3 = HUOLTO (0–5 vrk)

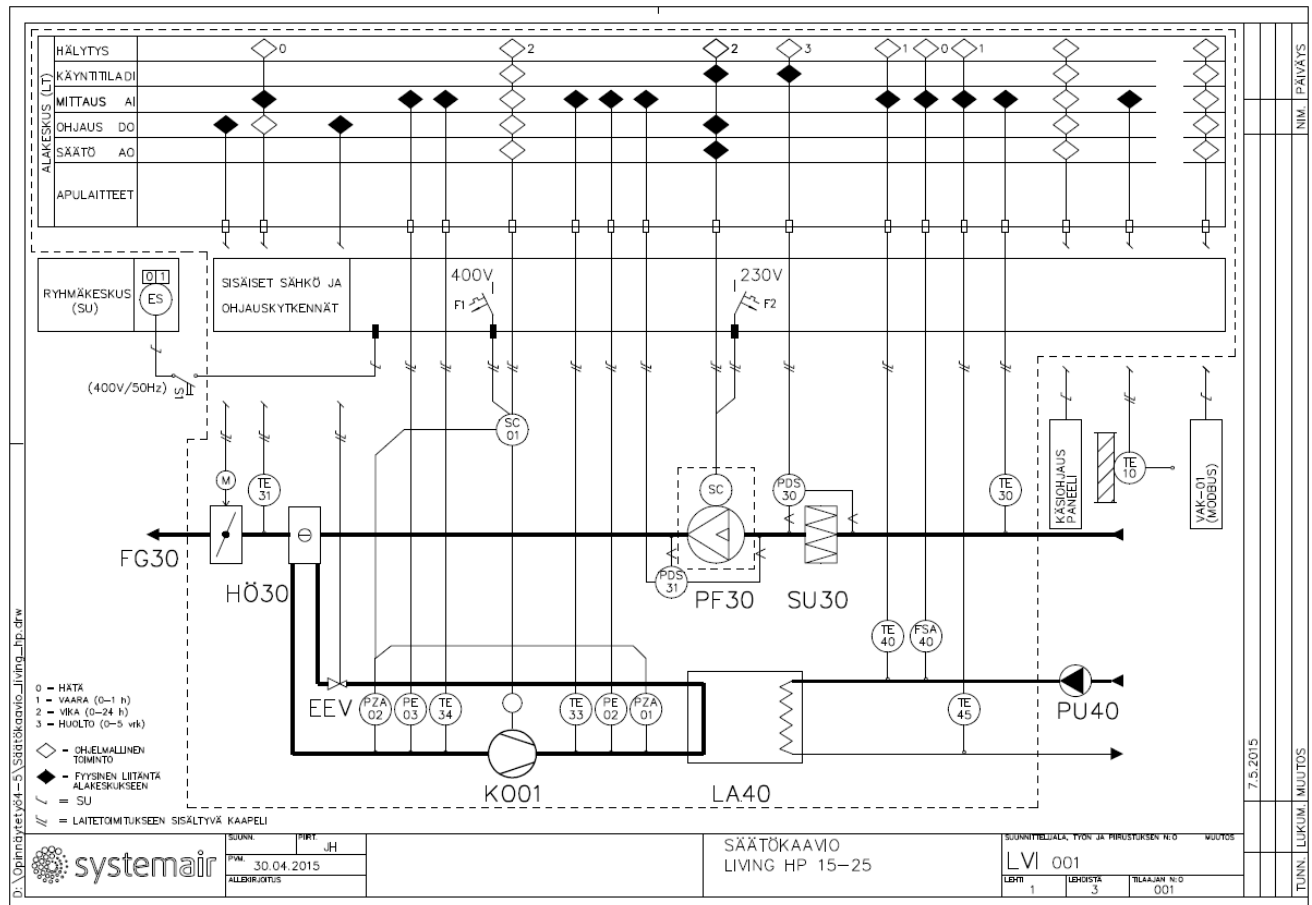
- ◇ = OHJELMALLINEN TOIMINTO
- ◆ = FYYSINEN LIITÄNTÄ ALAKESKUKSEEN
- └ = SU
- ≡ = LAITETOIMITUKSEEN SISÄLTYVÄ KAAPELI

KUVA 21. Hälytysluokat (22)



KUVA 22. Hälytyksen numerointi säätökaavioon (22)

Säätökaaviossa merkitään katkoviivalla laitteen rajat. Esimerkiksi PF30 eli poistopuhallin ja SC eli taajuusmuuttaja ovat yhdessä yksi ja sama laite kuvassa 23. Talteenottoyksikön ulkopuolella näkyvät ryhmäkeskus, käsiohjauspaneeli, ulkolämpömittarin anturi, kiertoovesipumppu sekä VAK-01 (MODBUS-väyläliitäntä).




KUVA 23. Säätökaavio (22)

Kuvassa 23 lämpötila-anturi TE31 mittaa jäteilman lämpötilaa höyrystimen jälkeen ja se on liitetty alakeskukseen analogisesti sekä ohjelmallisesti. Analogisessa kytkennässä mittaustieto kulkee johtoja pitkin ja ohjelmallinen liitäntä tarkoittaa automaation käyttöä. Pisteiden paikat alakeskuksessa ovat ohjaus AO, Mittaus AI ja hälytys. Lämpötila-anturi ohjaa poistoilman lämpötilan mukaan lämmön talteenottoyksikköä, jotta poistoilman lämpötila ei laskisi liian alas ja poistettavasta ilmasta saataisiin lämpö talteen hyvällä hyötysuhteella. Jos poistoilman lämpötila laskee liian alas, on vaarana, että ilmassa oleva kosteus jäätyy höyrystinkennoon ja lopulta tukkii kennon.

Säätökaavion oli valmis, kun kaikkiin komponentteihin oli määritetty laitetiedot, ohjelmalliset ja fyysiset yhteydet sekä hälytysluokat edellä olevien esimerkkien mukaan.

Toimintaselostuksessa (kuva 24.) kuvataan sanallisesti koneen toimintaa. Siinä esitetään toiminta koneen käydessä, toiminta koneen seistessä, varotoimet, kompressorin suojaus, palohälytys/ulkoinen hälytys ja höyrystimen jäätymisen suojaus.


TOIMINTASELOSTUS LIVING HP 15, 20, 25		NIM.		PÄIVÄYS	
<p>KÄYTTÖ</p> <p>KONE KÄY NORMAALISTI AINA SÄÄTÖJÄRJESTELMÄN OHJAAMANA. POISTOILMAPUHALLIN KÄY JATKUVASTI. LÄMPÖPUMPPU PYSÄHTYÄ JA KÄYNNISTYÄ ULKOILMAN LÄMPÖTILAN MUKAAN. OLETUSARVOKSI ON ASETETTU ESIM. +15°C. LÄMPÖPUMPPU NOSTAA LAUHDUTTIMESSA LA40 KIERRÄTETTÄVÄN VEDEN LÄMPÖÄ JOKO 6 °C TAI 10°C (KÄYTTÄJÄN EHDOT, JOTKA ON TÄYTTÄTÄVÄ LÄMMÖN TALTEENOTON ALKAMISEKSI (TEHDAS ASETUS): VEDEN VIRTAAUS ENEMMÄN KUIN 0,5 M³/H, POISTOILMAN LÄMPÖTILAN OLTAVA YLI +10°C, POISTOILMAPUHALTIMEN PAINE-ERON ON OLTAVA ENEMMÄN, KUIN 30Pa. NÄMÄ ARVOT VOIDAAN MUUTTA A CAREL OHJAUSVALIKOSTA.</p> <p>LÄMPÖPUMPPU ALENTAA POISTOILMAN LÄMPÖTILAA NIIN PALJON KUIN MAHDOLLISTA MENEMÄTTÄ ALLE TURVARAJAN 3°C JA VALVOO YKSIKÖN TUOTTAMAA MAKSIMI LÄMMITYSTEHOA MAHDOLUISIMMAN TEHOAKAASTI. MAX LÄHTEVÄ VEDEN LÄMPÖTILA VOI OLLA + 60°C</p> <p>1. TOIMINTA KONEEN KÄYDESSÄ</p> <p>POISTOILMAPUHALLIN PF30 ON KÄYNNISSÄ JATKUVASTI. PELTI FG30 ON AUKI. ULKOILMAN LÄMPÖTILA-ANTURI TE10 MITTAA ULKOILMAN LÄMPÖTILAA, KUN LÄMPÖTILA LASKEE ALLE OHJAUSPANEELIN ASETETUN LÄMPÖTILAN (OLETUS + 15 °C), KOMPRESSORI K001 KÄYNNISTYÄ JA LÄMMÖNTALTEENOTTO ALKAA, AUTOMATIikka OHJAA LÄMPÖPUMPUN TOIMINTAA PARHAALLE HYÖTYSUITEELLE.</p> <p>PAIN-EROANTURI PDS31 MITTAA PUHALTIMEN YLI OLEVAA PAINETTA, JOKA PYRITÄÄN PITÄMÄÄN ASETUSARVOSSAAN OHJAAamalla TULOILMAPUHALTIMEN PF30 PYÖRIMISNOPEUTTA PUHALTIMEN OMALLA TAAJUUSMUUTTAJALLA. KÄYTTÖÖN LIITTYVÄT PARAMETRIIT VOIDAAN MUUTTA KÄYTTÖLIITTYMÄN KAUSTA.</p> <p>KOMPRESSORIN TAAJUUSMUUTTAJA VASTAANOTTA OHJAUSSIGNAALIA CAREL OHJAUSYKSIKÖLTÄ, JOKA VASTAA NYKYISTÄ LÄMMITYSTARVETTA JA SITÄ KAUSTA TAAJUUSMUUTTAJA SÄÄTELEE KOMPRESSORIN K001 NOPEUTTA TODELLISEN LÄMMITYSTARPEEN MUKAAN.</p> <p>OHJELMOITAVISSA ON MYÖS KORKEAPAINENTURI (PE02). TÄMÄ ANTURI MITTAA JATKUVASTI PAINETTA LÄMMITYSJÄRJESTELMÄSSÄ. JOS PAIN- E YLITTÄÄ ASETETUN ARVON OHJELMOITAVAN SÄÄTIMEN LÄHTÖTAAJUUS PIENENEE JA NÄIN KOMPRESSOREIDEN NOPEUTTA VÄHENNÄTÄÄN SITEN, ETTÄ PAIN- E NOUSE SUURPAINETYKIMEN (PZA01) LAUKAISEVALLE TASOLLE.</p>		<p>2. TOIMINTA KONEEN SEISTESSÄ</p> <p>POISTOILMAPELTI FG30 ON KIINNI. LÄMPÖPUMPUN KOMPRESSORI ON SEIS. KOMPRESSORIN ÖLJYN LÄMMITYSVASTUS ON PÄÄLLÄ</p> <p>3. VAROTOIMET</p> <p>TAAJUUSMUUTTAJA ON JATKUVASSA YHTEYDESSÄ LAUHDUTINPAIN- EEN KORKEAPAINENTURIIN PE02 JA VÄHITELLEN HIDAATAA KOMPRESSORIN K001 NOPEUTTA, JOTTA PAIN- E EI YLITÄ ASETETTUA RAJA-ARVOA, TÄLLÖIN VÄLTETÄÄN LAUHDUTINPAIN- EEN KORKEAPAINEHÄLYTYS. LAUHDUTTIMESSA KIERTÄVÄN VEDEN VIRTAAUSTA VALVOO VIRTAAUSVAHTI FSA40</p> <p>4. KOMPRESSORIN SUOJAUS</p> <p>KOMPRESSORI ONSUOJATTU KORKEAPAIN- EPUOLELLA KORKEAPAINETYKIMELLÄ PZA01 SEKÄ MATALAPAIN- EPUOLELLA MATALAPAINETYKIMELLÄ PZA02 JA KOMPRESSORISTA VAPAUTUVAN PAIN- EEN LÄMPÖTILA-ANTURILLA TE33. JOS JOKIN EDELLÄ MAINITUISTA SUOJAUKSISTA LAUKEAA, LÄMMÖNTALTEENOTTOYKSIKÖ SAMMUTETAAN. MANUAALINEN KUITTAUS ON TEHTÄVÄ ENNEN, KUIN KOMPRESSORIN VOI KÄYNNISTÄÄ UUDELLEEN.</p> <p>KOMPRESSORI ON SUOJATTU NOPEAA KÄYNNISTYSTÄ JA PYSÄHTYMISTÄ VASTAAN UUDELLEENKÄYNNISTYKSEN VIIVE TOIMINNOLLA.</p> <p>5. PALOHÄLYTYS/ULKONEN HÄLYTYS</p> <p>PALOHÄLYTYKSEN TULLESSA YKSIKÖ SAMMUTETAAN JA PELTI FG30 SULKEUTUU</p> <p>6. HÖYRYSTIMEN JÄÄT- YMISEN SUOJAUS</p> <p>POISTOILMAN LÄMPÖTILA-ANTURI TE31 MITTAA POISTOILMAN LÄMPÖTILAA. POISTOILMAN LÄMPÖTILAN LASKIESSA +3 °C:N ALOITETAAN SULATUSTOIMINTO. KOMPRESSORI K001 PYSÄHTYÄ KESKEYTTÄEN LÄMMÖNTALTEENOTON 15 MINUUTIN AJAKSI JA PUHALLIN PF30 KÄY NORMAALISTI.</p>		<p>7.5.2015</p> <p>TUNN. LUKUM. MUUTOS</p>	
<p> systemair</p> <p>SEUR. RIPT. JH</p> <p>TYÖ 30.04.2015</p> <p>ALBROOKUS</p>		<p>SÄÄTÖKAAVIO</p> <p>LIVING HP 15-25</p>		<p>SUUNNITTELLA TYÖN JA FIRUSTISEN N:O MUUTOS</p> <p>LVI 001</p> <p>LEHTI 2 LEHTI 3 TILAAJAN N:O 001</p>	

KUVA 24. Toimintaselostus (22)

CADS Planner -ohjelmalla tehtiin myös hälytysluokat, viiveet ja raja-arvot taulukon (kuva 25). Ohjelma laatii taulukon automaattisesti sitä haluttaessa.

HÄLYTYSLUOKAT, VIVEET JA RAJA-ARVOT							
TUNNUS	NIMITYS	HÄLYTYSLUOKKA	HÄLYTYS			RAJOITUS	
			ALARAJA	YLÄRAJA	VIVE	ALARAJA	YLÄRAJA
TE31	Poistoilman lämpötila	Yleinen	+3°C	+30°C	1min		
FS40	Ei veden virtausta	Kiireellinen			2s		
PDS30	Suodatin tukossa	Huolto	180Pa	200Pa			
PDS31	Poistoilmahuuhallin, vika	Yleinen					
PZA02	matala paine	Kiireellinen			2s		
PZA01	Korkea paine	Kiireellinen			30s		
SC01	Pyörimisnopeus säädin (EC)	Vika			30s		
SC	Pyörimisnopeus säädin (EC)	Vika	50%		60min		
PDE01	Tuloilmasuodatin, suodatinvahti	Huolto			10min		
PDE30	Poistoilmasuodatin, suodatinvahti	Huolto	150Pa	180Pa	10min		
		Yleinen					

OHJEELLISET ASETUSARVOT				
TUNNUS	NIMITYS	SÄÄTÖMUOTO	OHJEASETUSARVO	HUOM
TE30	Poistoilman lämpötila	Säätö/P	+15°C	
TE31	Poistoilma, jäätymisvaara	Säätö/P	+3°C	jäätymisvaara
TE40	Paluuveden lämpötila	Säätö/P	+11°C	kone käy
TE45	Paluuveden lämpötila	Säätö/P	+60°C	kone seis
PDS31	Poistoilmakanavan paine	Säätö/P		

		SUUNNITTELU JA PIIRIT 30.04.2015 ALUEKIRJOTUS	SÄÄTÖKAAVIO LIVING HP 15-25	SUUNNITTELUKÄSI, TYÖN JA PIIRUSTUKSEN N:O LVI 001 LVI 001 3 001	7.5.2015 MUUTOS
---	--	---	--------------------------------	---	--------------------

KUVA 25. Hälytysluokat ja raja-arvot (22)

Sarakkeiden tiedot saadaan haettua, kun säätökaavion laatimisvaiheessa arvot (ylä- ja alarajat) ja nimitykset on merkitty valmiiksi laitetietoihin. Laitetietoihin merkittiin myös kaikki hälytyksen antavat komponentit, niiden raja-arvot ja viiveen pituus on ongelmien havaitsemisen ja hälytyksen antamisen välillä.

Poistoilmalämpöpumpun ohjeelliset asetusarvot jotka selviävät kuvasta 25, ovat laitteeseen tehtaalla asetettuja arvoja. Näitä arvoja käyttäjä voi halutessaan muokata tiettyjen rajojen sisäpuolella.

[illegible]

34

Säätökaavion laatimisvaiheessa lisättiin jokaiseen laitteen komponenttiin laitteen luettelotiedot (kuva 27), jotka näkyvät laiteluettelossa. Niistä selviää komponentin tarkemmat tiedot, joita voi käyttää esimerkiksi kustannusarviossa ja huoltoa sekä korjausta varten. Lisäksi komponenttiin määritettiin yhteydet, hälytykset, raja-arvot ym. (Kuva 28.)

Laitteen luettelotiedot

Yleiset tiedot

Laitetunnus: PDS 30 ...

Kohde: SUODATINVAHTI

Nimitys*: SUODATINVAHTI

Vaikutusalue: SUODATIN

Sijainti: POISTOILMAKANAVA

Tyyppi:

Muut tiedot

☐ Nykyinen

Hankkii/asentaa*: LT

Huomautus:

Tekniset tiedot (LVI-laiteluettelo)

Ilma: m³/s, °C/°C, Pa, v/y

Neste: dm³/s, °C/°C, kPa

Suodatusaste:

Kostutus: kg/h

Teho: kW

Sähköteho: kW

Laske teho / virtaus

Hae verkos-
tiedot

Tekniset tiedot* (Automaatiolaiteluettelo)

0...1000 Pa

Hae oletus*

Kieli: Eesti, Englanti, Ruotsi, Suomi

Nimitys: Laitteen nimi automaatio/LVI-laiteluetteloissa, Kohde: Laitteen säätö-, valvonta ja ohjauskohteen nimi pisteluettelossa

KUVA 27. Laitteen luettelotiedot (22)

DDC-yhteyksien määrittäminen

Yhteydet

FyysOhjel.Ei

Hälytys: 3

Käyntitila: ☒ ☐ ☐

Mittaus: ☐ ☐ ☒

Ohjaus: ☐ ☐ ☒

Säätö: ☐ ☐ ☒

Apulaite

☐ Teksti Numero

Ryhmäkeskus

☐ Kytkin ES

Sijainti: POISTOILMAKANAVA

Huomautus:

Kaapeli:

Ohjelmointitiedot

☐ RISTIRIITAHÄLYTYS

☒ RAJA-ARVOHÄLYTYS+

☒ RAJA-ARVOHÄLYTYS-

☐ LIUKUVA RAJA-ARVOHÄL.

☐ AIKAOHJELMA

☐ TAPAHTUMAOHJELMA

☐ HÄLYTYSVIIVE

☐ YÖTUULETUS

☐ VUOROTTELU

☐ HYÖTYSUHDDELASKENTA

☐ KÄYTTÖAIKALASKENTA

☐ OPTIMOINTIOHJELMA

☐ RAPORTOINTIOHJELMA

☐ TREND -SEURANTA

☐ TEHONRAJOITUS

OK

Peruuta

Ohje

Kuva 28. Yhteyksien määrittäminen (22)

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada kaukolämpöyhtiöltä tietoa ja mielipiteitä työn tilaajalle Systemair Oy:lle. Yhtiössä haluttiin tietää, mihin pitää kiinnittää erityisesti huomiota, kun taloyhtiöissä suunnitellaan poistoilmalämpöpumpun asennusta rinnakkaislämmönlähteeksi kaukolämmölle. Lisäksi tutkielman tavoitteena oli laatia säätökaavio ja toimintaselostus Systemair Living HP -poistoilmalämpöpumpulle.

Energian säästöön investoiminen on nykyään yleistä ja siihen on olemassa erilaisia ja erihintaisia ratkaisuja. Poistoilmalämpöpumput ovat vanhoihin koneellisella poistoilmalla varustettuihin kerrostaloihin kohtuullisen yksinkertainen energiansäästöratkaisu.

Tämän työn perusteella voidaan todeta, että PILP-järjestelmän huolellisella suunnittelulla ja mitoituksilla sekä automaation virityksellä saadaan aikaan energiansäästöä taloyhtiöille. Sillä saadaan myös kaukolämpöyhtiötä tyydyttävä jäähtymä kaukolämmön paluuveteen ja pitämään se tasaisena. Lisäksi rinnakkaislämmönlähteeseen kannattaa liittää varaaja, joka parantaa hyödynnettävyyttä kesäaikaan, etenkin jos lämmitetään vain käyttövetä. Varaaja vähentää kompressoreiden käynnistymisiä ja sammumisia, jolloin niiden elinikä pitenee.

Kuitenkin PILP -järjestelmää, kuten muitakin lämmitysjärjestelmiä harkittaessa on otettava huomioon minkälainen on asennuskohde. Lisäkustannuksia PILPin asentamiseen voi aiheutua, jos vanha ilmanpoistojärjestelmä on toteutettu usealla poistoilmapuhaltimella. Silloin joudutaan asentamaan uusia putkistoja ja ehkä tekemään läpivientejä palo-osastoihin. Lisäkustannuksia voi aiheutua myös koteloinneista ym. Nämä nostavat kuluja asennuksessa ja investoinnin takaisinmaksuaika voi venyä.

Kaukolämmön hinta voi myös tulevaisuudessa nousta erityisesti yhteistuotantolaitosten alueilla, jos kaukolämpöä käyttävissä kohteissa otetaan paljon käyttöön lämpöpumppuja tai muita rinnakkaislämmönlähteitä. Tätä voidaan selittää usealla eri tekijällä. Ensimmäiseksi kaukolämpöyhtiöiden lämmönmyynti vähenee eli vaikutus liiketoimintaan on negatiivinen. Toiseksi kaukolämpöverkon ylläpitokulut eivät käytännössä laske ja kaukolämmön jakeluhäviöt pysyvät lähes ennallaan.

Ympäristönäkökulmasta ajateltuna poistoilmalämpöpumppujen käyttö kaukolämpökohteissa ei välttämättä aina ole järkevää. Jos PILP-laitteiston käyttämä sähkö tuotetaan voimalaitoksessa fossiilista polttoainetta käyttäen, voivat hiilidioksidin päästöt olla korkeat, kun lämmön ja sähköntuotanto eivät ole tasapainossa.

Opinnäytetyössä tehtiin sähköpostikysely, jonka vastausprosentti oli vain 20 ensimmäisellä kerralla, ja jos kaikki lähetetyt sähköpostikyselyt lasketaan mukaan, vastausprosentti putoaa 15:een. Sähköpostikyselyyn aihekenttään merkittiin ”kysely poistoilmalämpöpumpun kytkentä rinnakkaislämmönlähteeksi kaukolämmölle”. Mikäli aihekentässä olisi mainittu, että kyseessä on opinnäytetyö, vastausprosentti olisi saattanut olla korkeampi.

Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että vastaukset olivat kaikki samansisältöisiä ja niistä kävi ilmi, että lämmönsiirtimien ja kaukolämmön säätöventtiilien mitoituksissa on oltava huolellinen. Tärkeää on myös kaukolämmön paluuveden lämpötilan mittausta ja siihen liitetty automaatio, mikä säätelee koko järjestelmän toimintaa.

Jatkotutkimusaiheena voisi olla LIVING HP -poistoilmalämpöpumpun tarkemmat mittaukset ja viritys optimaaliseen toimintaan, kun se otetaan käyttöön kiinteistöissä Suomen olosuhteissa. Tämä olisi kiinnostavaa, koska poistoilmalämpöpumppujen käyttö on lisääntymässä erityisesti kerrostaloissa. Olisi mielenkiintoista nähdä PILPien taloudelliset hyödyt käytännössä erilaisissa kohteissa.

LÄHTEET

1. Systemair yrityksenä. 2016. Saatavissa:
<https://www.systemair.com/fi/Suomi/Tietoa-meista/>. Hakupäivä 3.1.2016.
2. Systemair yhteystiedot. 2016. Saatavissa:
<https://www.systemair.com/fi/Suomi/Yhteystiedot2/>. Hakupäivä 3.1.2016.
3. Niemi, Rami – Rämä, Miika – Similä, Lassi 2015.
Poistoilmalämpöpumput kaukolämpöjärjestelmässä. Asiakasraportti.
VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2015/VTT-CR-00564-15.pdf>. Hakupäivä 5.1.2016.
4. Poistoilmalämpöpumpuilla kerrostalon kaukolämmönkulutus puoliksi.
2015. Ekofocus Saatavissa:
<http://www.ekofokus.com/2015/09/poistoilmalampopumpuilla-kerrostalon.html>. Hakupäivä 15.1.2016.
5. Rautio, Juha 2008. Lämpöpumput ja niiden taloudellisuus ja ympäristöystävällisyys erillisten pientalojen lämmityksessä.
Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa:
<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/43221/nbnfife200901081010.pdf?sequence=3>. Hakupäivä 9.3.2016.
6. Laksola, Jaakko 2012. Asuntoyhtiöin energian hallinta. Saatavissa:
<http://www.kiinteistoliitto.fi/attachements/2012-09-19T08-09-46886.pdf>.
Hakupäivä 15.3.2016.
7. Yleistä lämpöpumpuista . Suomen lämpöpumppuyhdistys ry.
Saatavissa: <http://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Yleista-l%C3%A4mp%C3%B6pumpuista-SULPU.pdf>. Hakupäivä 15.3.2016.

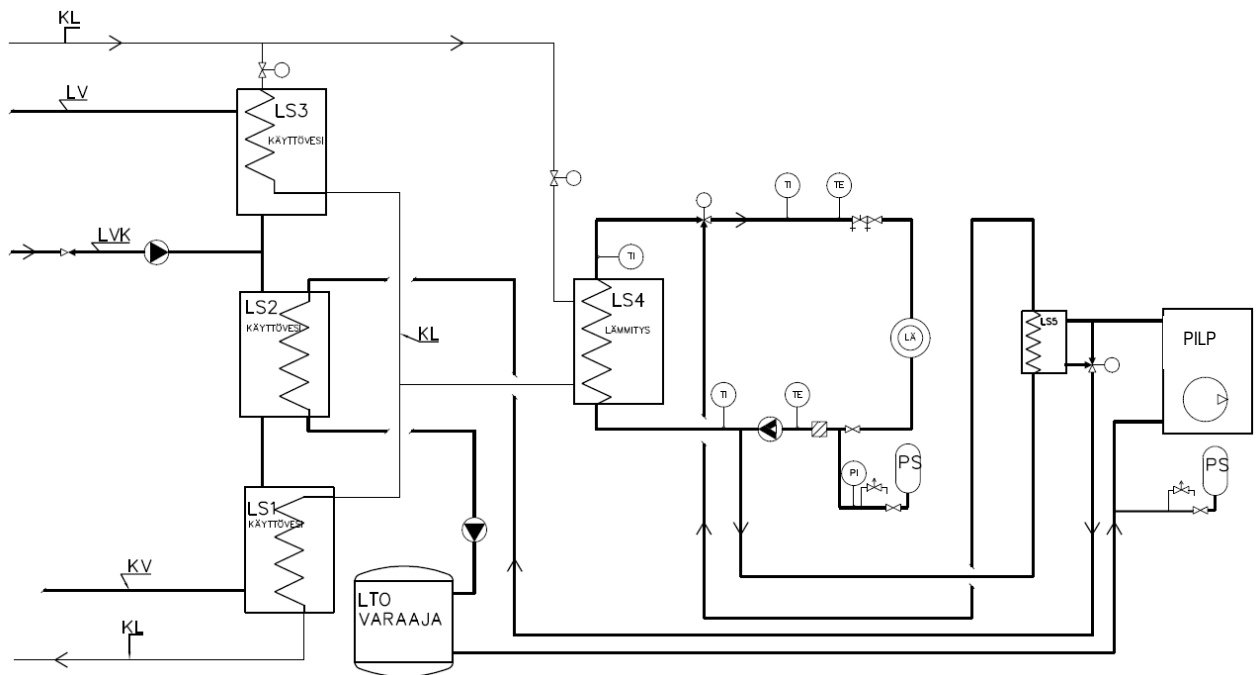
8. Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Espoo. Suomen LVI-Yhdistysten liitto.
9. Living HP heat pump module.. 2016. Systemair. Saatavissa:
<https://www.systemair.com/fi/Suomi/Tuotteet/ilmankasittelykoneet/paketti-koneet/poistoilmayksikot/living/LIVING-HP-heat-pump-module/>. Living HP_installation_2095327_CE_FI.pdf. Hakupäivä 10.3.2016.
10. Systemair CAD. Systemair A/S – mitoitusohjelma. SystemairCAD C2016-02.07.E6 (16.2.2016 7:51:30).
11. Living HP Heat Recovery Ventilation Unit. 2015. Operation and Maintenance Instructions Systemair. Saatavissa:
<https://www.systemair.com/fi/Suomi/Tuotteet/ilmankasittelykoneet/paketti-koneet/poistoilmayksikot/living/LIVING-HP-heat-pump-module/>. Hakupäivä 11.3.2016.
12. Suodatinkuivain. Danfoss. Saatavissa:
<http://products.danfoss.fi/productrange/refrigeration/filter-driers/dcc-hermetic-receiver-filter-drier-hcfc-cfc-optimized/>. Hakupäivä 14.2.2016.
13. Nestelasi. Danfoss. Saatavissa:
<http://products.danfoss.fi/productrange/list/refrigeration/sight-glasses/sgp-n-sgp-i-sgp-x-sight-glasses-for-high-pressure-refrigerants/sgp-n-sgp-i-and-sg>. Hakupäivä 14.2.2016.
14. Elektroninen paisuntaventtiili. Danfoss. Saatavissa:
<http://products.danfoss.fi/productrange/refrigeration/electrically-operated-valves/danfoss-saginomiya-skv-vkv-and-akv-electric-expansion-valves/>. Hakupäivä 14.2.2016.

15. Living HP heat pump module. 2016. Systemair. Saatavissa:
https://www.systemair.com/fi/Suomi/Tuotteet/ilmankasittelykoneet/paketti_koneet/poistoilmayksikot/living/LIVING-HP-heat-pump-module/.E8270_Systemair_LIVING_EN.pdf (780 kb).
16. K1/2013. Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet. Energiateollisuus ry. Saatavissa:
http://energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1_2013_20140509.pdf.
Hakupäivä 7.3.2016.
17. Rautio, Ilkka 2015. Fortum, Espoo. Re: Tutkimus rinnakkaislämmönlähteen liittämisestä kaukolämmitettyyn rakennukseen. Vastaanottaja: Jarmo Hihnala. 29.5.2015.
18. Ilmatieteenlaitos. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/karttoja-vuodesta-1961>. Hakupäivä 2.3.2016.
19. Frondelius, Leila. Yhteenveto PI -kaavioiden kirjainmerkinnöistä. 2005 Saatavissa: http://moodle.keuda.fi/kansiot/kao-lf/PI-kaaviot/kirjainten_merkitys/. Hakupäivä 9.3.2016.
20. Pakonen, Esa 2014. T650305 Automaatiotekniikka, 5 op. Opintojakson luennot syksyllä 2014. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
21. Living wiring diagram. Systemair 2015. Saatavissa:
[https://www.systemair.com/fi/Suomi/Tuotteet/ilmankasittelykoneet/paketti_koneet/poistoilmayksikot/living/LIVING-HP-heat-pump-module/.WD Living15HP.pdf](https://www.systemair.com/fi/Suomi/Tuotteet/ilmankasittelykoneet/paketti_koneet/poistoilmayksikot/living/LIVING-HP-heat-pump-module/.WD_Living15HP.pdf) (586 kb). Hakupäivä 15.3.2016.
22. CADS Planner–ohjelma. Hepac Pro 16.1.6 (c) Kyndata Oy 1991–2015.

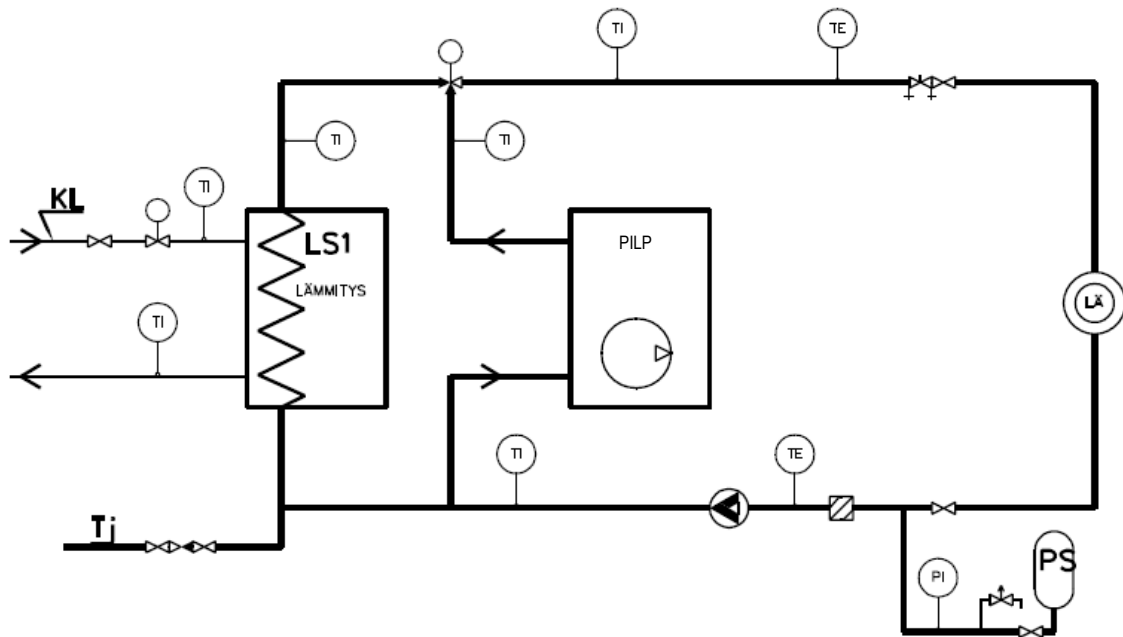
ILMALÄMPÖPUMPUN KYTKENTÄ RINNAKKAISLÄMMÖNLÄHTEEKSI

Hei, olen Jarmo Hihnala Oulunseudun ammattikorkeakoulusta. Teen opinnäytetyötäni Systemair:lle. Työtäni ohjaa Veli-Matti Mäkelä.

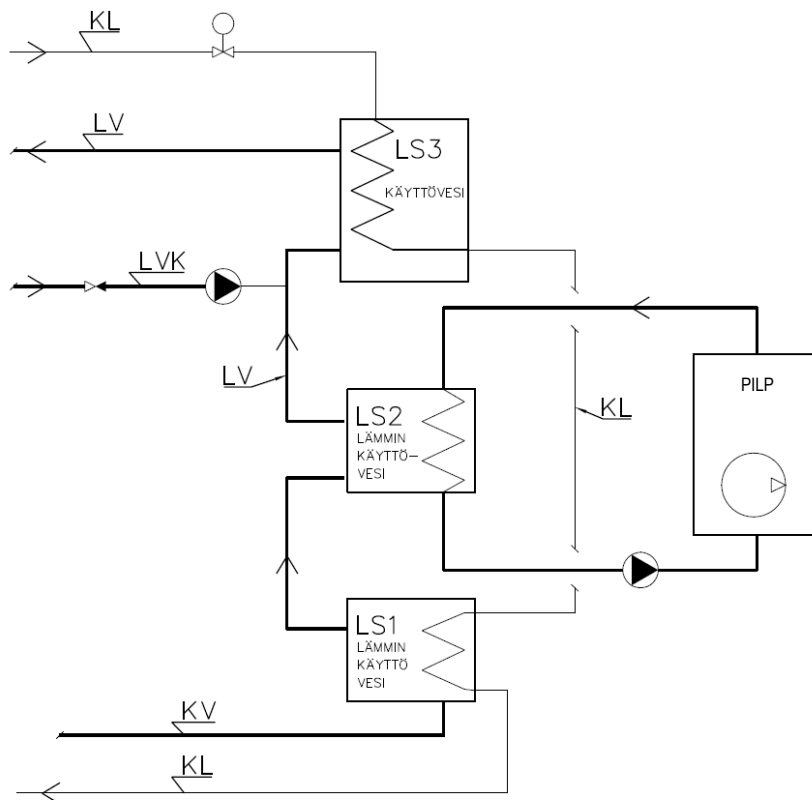
Systemair tuo suomen markkinoille uuden Living HP poistoilmalämpöpumpun. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää eri mielipiteitä kytkentätavoista rinnakkaislämmönlähteelle. Pumppu nostaa toisiopuolen veden lämpötilaa 6°C tai 10°C (valitaan ohjelmasta). Ensiöpuolen paluuveden lämpötila ei nouse. Kelpaako nämä kytkennät? Mielipiteitä, muutosehdotuksia tai vielä eri kytkentämalleja. Toivoisin vastauksia 25.05.2015 mennessä. Kiitos vaivannäöstä.



KytKentä 1. Living HP kytketty käyttö- ja lämmitysvesiverkostoon, varaa talteenotettua lämpöä LTO-varaajaan ja käyttää sitä tarvitsevalle piirille.



KytKentä 2. Living HP kytketty lämmitysverkostoon.



KytKentä 3. Living HP kytketty käyttöveden lämmitykseen.